Untersuchungen an roten Böden und quartären Terrassen in Zentralnepal

Von H. FRANZ und H. MÜLLER (Wien)

(Vorgelegt in der Sitzung der math. nat. Klasse am 15. Dezember 1978)

Im Mittelland von Nepal zwischen dem Maharabath Lekh im Süden und der Hauptkette des Himalaya im Norden besitzen rote Böden eine weite Verbreitung. Sie sind an eine Mittelgebirgslandschaft gebunden, deren gerundete Oberflächenformen zweifellos älter sind als das stärker akzentuierte Relief des Maharabath Lekh und erst recht als das durch steile Hänge und schluchtartig eingeschnittene Täler gekennzeichnete Relief im Bereich des Himalaya-Hauptkammes. Die roten Böden greifen entlang der Flüsse stellenweise auf ältere Flußterrassen über, während die jüngeren Terrassen Braunerde oder wenig entwickelte AC-Böden tragen. H. FRANZ hat auf 5 Exkursionen, die er zwischen 1970 und 1975 in Nepal durchführte, über die Verbreitung der roten Böden dieses Raumes viele Beobachtungen zusammengetragen und darüber auch kurz berichtet (FRANZ 1976). Einschlägige Veröffentlichungen liegen ferner von BÖSCH (1968, 1974), DOLLFUS und USSELMAN (1971), HORMANN (1974), HUBSCHMAN und THOURET (hektographiertes Manuskript) sowie LOMBARD (1958) vor. Auf Grund dieser Unterlagen war die Verbreitung der roten Böden in Zentralnepal in großen Zügen erkennbar und konnten Schwerpunkte für entwicklungsgeschichtliche Studien an den roten Böden und quartären Sedimenten dieses Raumes ausgewählt werden.

Der kurze Zeitraum zwischen den sommerlichen Monsunregen und dem Einbruch der Winterkälte, in dem bodenkundlich-quartärgeologische Feldaufnahmen im Mittelland Nepals allein ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden können, machte es notwendig, die beabsichtigten Untersuchungen auf zwei Arbeitsjahre aufzuteilen. Im Jahr 1977 reisten wir gemeinsam nach Nepal, wo H. FRANZ in der Zeit vom 18. 9. bis 9. 10. und H. MÜLLER vom 24. 9. bis 24. 10. im Gelände tätig waren. Im Jahr 1978 ergänzte H. FRANZ die im Vorjahr gemachten Beobachtungen durch weitere Geländearbeiten und Befahrungen, die in der Zeit vom 16. 9. bis 9. 10. durchgeführt wurden. Über die während der beiden trotz verspäteter Monsunregen intensivst genutzten Arbeitsperioden gewonnenen Ergebnisse wird nachstehend berichtet.

Die zahlreichen eingesammelten Boden- und Sedimentproben befinden sich noch in Bearbeitung, die sich auf die mineralogische Zusammensetzung der Böden, pollenanalytische Untersuchungen und die Altersbestimmung fossiler Hölzer mittels der C^{14}-Methode erstreckt. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen wird später gesondert berichtet werden.

Dem Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, der uns die für die Durchführung der Forschungen erforderlichen Mittel zur Verfügung stellte, haben wir herzlich zu danken. Zu Dank sind wir ferner dem Nepal Research Center in Kathmandu verpflichtet, das uns während unseres Aufenthaltes in Kathmandu Unterkunft und vielfältige Unterstützung bei der Vorbereitung der Exkursionen gewährte. Besonderer Dank gebührt ferner dem örtlichen Verwalter dieses Institutes, Herrn G. B. KALIKOTE, dessen große Lokalkenntnis und dessen Verbindungen mit den nepalischen Behörden unsere Arbeiten sehr erleichterten.

Die Felduntersuchungen wurden im Kathmandubecken bei Pharphing und Chobar, bei Chapagaon und Talkhel sowie am Westrand des Beckens an der Indienstraße im Bereich des Passes von Natunga von H. FRANZ allein, im übrigen von beiden Autoren gemeinsam durchgeführt. Auch die Begehung des Raumes von Trisuli-Basar und die im Jahre 1977 durchgeführten Exkursionen im Raume von Pokhara wurden im wesentlichen gemeinsam bewerkstelligt. Die Exkursion von Pokhara nordwärts nach Cherunga und eine Exkursion an den Sun Kosi und Indrawati Khola führte H. MÜLLER allein durch. Die Exkursionen des Jahres 1978, die die nochmaligen Begehungen des Pokharabeckens, eine zweimalige Befahrung der Straße Kathmandu–Pokhara und die Begehung des oberen Kali Gandaki-Tales zum Gegenstande hatten, wurden von H. FRANZ durchgeführt, der auch die Verfassung der vorliegenden Arbeit besorgte.

Im folgenden wird über jede der besuchten Landschaften gesondert berichtet (vgl. Karte Abb. 1).

1. Das Kathmandubecken

Im Pleistozän bestand im Kathmandubecken ein großer See, dessen Sedimente den Beckenboden in bedeutender Mächtigkeit überdecken. Der Bagmati-River und seine Zubringer haben ihr Bett mehr oder weniger tief in die obersten Glieder der Sedimentserien eingeschnitten und diese damit der Beobachtung zugänglich gemacht. Der Vorgang der teilweisen Ausräumung der Seesedimente hat sich mehrmals wiederholt, wobei zwischen die Erosionsphasen Akkumulationsphasen eingeschaltet

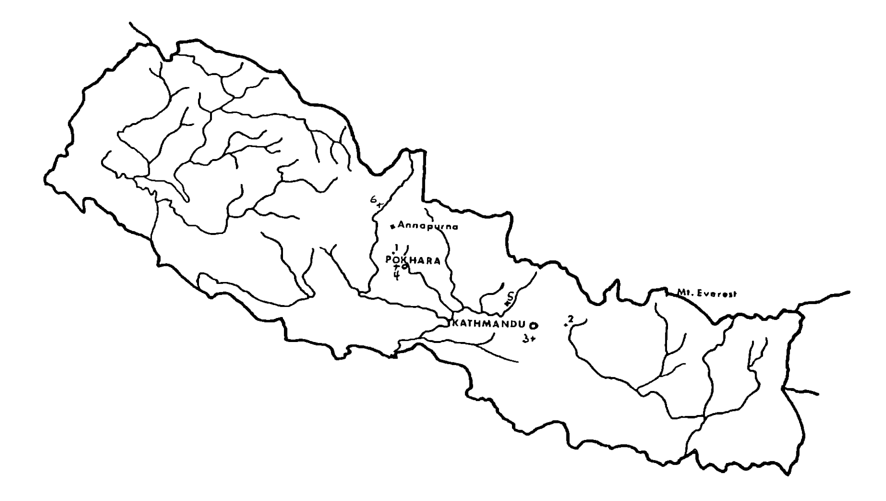


Abb. 1: Übersichtskarte von Nepal im Maßstab 1 : 4,000.000. 1. Rotlehmprofil von Naudanda westlich von Pokhara (MÜLLER, 1976). 2. Rotlehmprofil von Diuli Khel im Sun-Kosi-Gebiet (MÜLLER, 1976). 3. Rotlehmprofil von Chapagaon im Süden des Kathmandubeckens. 4. Phewasee bei Pokhara. 5. Trisuli Bazar am Trisuli Gandaki. 6. Marpha am Kali Gandaki im Thakkholagebiet.

waren. Dadurch entstand eine Mehrzahl von Terrassenniveaus, von denen sich die älteren und zugleich höheren nur am Rande des Beckens erhalten haben. Die Veröffentlichungen von BÖSCH befassen sich eingehend mit diesen Terrassen. FRANZ und KRAL (1975) haben Ergebnisse pollenanalytischer Untersuchungen der obersten Sedimentschichten des verlandeten Kathmandusees veröffentlicht. Aus diesen geht hervor, daß die an der Straße von Kathmandu zum Tribuwan-Airport (1336 m) aufgeschlossenen Seesedimente in einer im Vergleich mit der Gegenwart kühleren und zugleich trockeneren Klimaphase abgelagert wurden. Am Talboden muß damals *Artemisia* weite Verbreitung besessen haben, während an den Hängen in der Baumartenzusammensetzung der gegenwärtigen ähnliche Wälder stockten. Nach Mitteilung von H. FELBER (Inst. f. Radiumforschung u. Kernphysik der Österr. Akad. Wiss. Wien) hat eine Probe lignitisierten Holzes, die H. FRANZ südlich des Nakhu Khola in einem der pollenanalytisch untersuchten Probe annähernd gleichen Niveau eingesammelt hatte, ein Alter von 26.700 Jahren ± 800 bezogen auf das Jahr 1950 ergeben. Die Probe trägt die VRI-Kennzahl 545 und bezeugt, daß die betreffenden Seesedimentschichten gegen Ende der Würmeiszeit abgelagert wurden. O. DOLLFUS (mündliche Mitteilung) hat Kenntnis von Holzproben aus der Sediment-

serie des Kathmandusees, die wesentlich älter sind, da sie mit der C^{14}-Methode nicht mehr datierbar waren. Das bestätigt die durch die Mächtigkeit der lakustrischen Sedimente nahegelegte Vermutung, daß deren Ablagerung eine geraume Zeit in Anspruch genommen hat.

Da bisher eine vergleichende Untersuchung der auf den verschiedenen Terrassen liegenden Böden nicht vorlag, der Grad der Bodenentwicklung aber auch Hinweise auf das relative Alter der Terrassen gibt, widmeten wir unsere Aufmerksamkeit in erster Linie dieser Aufgabe und ganz besonders der Frage, ob es im Kathmandubecken älteste, von roten Böden bedeckte Terrassen gibt. Eine Exkursion an den Südrand des Kathmandubeckens, in den Raum, in dem sich der Bagmati-River seinen Weg durch den Maharabath Lekh gebahnt hat, ergab, daß sich beiderseits des Bagmati-River am Nordhang des Maharabath Lekh ausgedehnte, von roten Böden bedeckte Flächen befinden und daß am Fuß der Hänge ausgedehnte, von roten Böden bedeckte Schotterterrassen vorhanden sind.

Benützt man den von Patan über Chapagaon und Takhel ins Gebirge führenden Fahrweg, so begegnet man roten Böden erstmalig beim Ort Chapagaon und zwar auf dem über jüngere Terrassen etwas emporragenden Hügel des Bordzobaray-Tempels (1440–1500 m).* Die roten Böden treten nur auf einer kleinen Fläche nördlich des Tempelbereiches auf der höchsten Kuppe des Hügels auf. Dort wurde am Hang gegen eine Erosionsrinne unter Wald das folgende Profil aufgegraben:

Horizont I 0–60 cm, fast humusfreier schluffiger Lehm, locker, feinkrümelig, gut durchwurzelt, Farbe naturfeucht 5YR 4/6–5/8, an der Fließgrenze 5YR 4/5, übergehend in

Horizont II 60–80 cm, etwas röter und kompakter als Horizont I

Horizont III 80–100/110 cm, dicht gelagerter toniger Lehm, undeutlich blockig, Farbe 5YR 4/6, übergehend in

Horizont IV 100/110–330/350 cm, sehr dichter toniger Lehm, deutlich blockig, Farbe 2,5YR 4/7, in tieferen Schichten mit schwarzen Überzügen auf den Aggregatoberflächen, aufsitzend auf

Horizont V ab 330/350 cm, stark verwitterter Schotter, Feinmaterial zwischen den Schottern an der Obergrenze des Horizontes noch rötlich gefärbt.

Der Schotterkörper konnte nicht durchteuft werden und die Hänge sind mit mächtigen Kolluvien verkleidet, so daß über die Mächtigkeit des Schotterkörpers hier keine Aussage gemacht werden kann.

---

*) Die Höhenangaben sind dem Nepalkartenwerk der Arbeitsgemeinschaft f. vergl. Hochgebirgsforschung Nr. 1, entworfen auf Grund der Karte 1 : 10.000 von E. SCHNEIDER 1974, im Maßstab 1 : 50.000, hg. 1977, entnommen.

Am Nordhang des Hügels grenzt etwa 10 m unter der Kuppe eine junge Seeterrasse an, die nur einen wenig entwickelten AC-Boden trägt, der infolge der künstlichen Bewässerung im Zusammenhang mit dem Reisanbau vergleyt ist. Über der jungen Terrasse steht am Hang des Bordzobaraj-Hügels gelb gefärbtes, tonig-schluffiges Feinsediment an, das oberflächennah intensiv pseudovergleyt ist. Es ist das ein Substrat, das weder der Schichtfolge des Hügels noch der jungen Terrasse angehört.

Östlich des Bordzobaray-Hügels blieb beim Ort Daukhel eine Terrasse erhalten, deren Oberkante ca. 6 m unter der Kuppe des Tempelhügels und einige Meter über der jungen Seeterrasse gelegen ist. Sie trägt einen braunen Boden mit folgendem Profilaufbau:

A_h 0–5/10 cm, grau, schwach humos
B_v 5/10–50/60 cm, Farbe naturfeucht 7,5 YR 5/7
B_vC 50/60–70/80 cm
C ab 70/80 cm Seesediment, ab 150 cm deutlich geschichtet, hell mit rostfarbenen Bändern.

Diese Terrasse ist vom Tempelhügel durch einen Erosionsgraben getrennt und am Abhang gegen diesen aufgeschlossen. Man sieht, daß die feinen Seesedimente von Schottern unterlagert sind, die vorwiegend aus Sandstein bestehen. Dieselben Schotter lassen sich in einem Bachgraben, der in den gegenüberliegenden Hang des Tempelhügels einschneidet, ein Stück aufwärts verfolgen, sie sind mit dem den roten Boden unzerlagernden vorwiegend aus Quarz bestehenden Schotter nicht identisch, sondern unterlagern diesen.

Folgt man der Straße von Chapagaon nach Takhel und damit in Richtung auf den Gebirgsrand, so gelangt man alsbald zu einer ausgedehnten, von rotem Boden bedeckten Terrasse. Der Hügel von Bordzobaray erweist sich als ein von dieser alten Terrasse abgetrennter Zeugenberg. Unter der mehrere Meter mächtigen Rotlehmdecke liegt auch bei Takhel ein Schotterkörper, der am Erosionsrand der Terrasse westlich des Ortes samt den ihn unterlagernden Sedimenten gut aufgeschlossen ist. Unter mehreren Metern Schotter folgen Tone mit dünnen Schotterlagen und schließlich grobe Schotter, ausschließlich Sandstein. Das ganze Sedimentpaket besitzt an einem Fußweg, der von Takhel zu den jungen Seeterrassen im Nordosten in Richtung von Pharphing und Datschinkhel hinabführt, eine Mächtigkeit von 40 m, setzt sich aber unter den angrenzenden jungen Seesedimenten offenbar noch in größere Tiefe fort.

Im Süden grenzen an die von rotem Boden bedeckte Terrasse unmittelbar die Hänge des Maharabat Lekh an. An ihnen stehen Kalke der Kathmanduserie an, die in mehreren Steinbrüchen abgebaut werden.

Die Hänge sind weithin von rotem Bodenmaterial bedeckt, das mehr oder weniger stark erosiv abgetragen ist. In den Steinbrüchen kann man sehen, daß der rote Boden in Klüften in helles Gesteinsverwitterungsmaterial übergeht, demnach auf dem anstehenden Gestein autochthon gebildet worden ist.

Der Bordzobaray-Hügel und die hohe, von rotem Boden bedeckte Terrasse von Takhel befinden sich am linken Ufer des Bagmati-River südlich der Schlucht, in der dieser den Hügel von Chobar durchschneidet. Man kann von Patan aus auch am rechten Ufer des Bagmati-River auf einer Straße bis in das Gebirge des Maharabhat Lekh fahren. Diese Straße führt über Chobar und Pharphing bis Dalikhel, wo sie endet. Fährt man auf ihr von Patan (1312 m) nach Süden, durchquert man zunächst ein Gebiet mit jungen fluviatilen und Seesedimenten. Man gelangt dann zu dem Hügel von Chobar (1432 m), der vom Bagmati-River in einer tiefen Schlucht (1260 m) durchschnitten wird. Heute ist der Hügel, auf dem in einem großen Steinbruch Kalk für die benachbarte Zementfabrik (1373 m) gewonnen wird, allseits von jungen Seesedimenten umgeben, deren Oberfläche tief unter dem Gipfel des Hügels und auch erheblich unter der Oberfläche liegt, in die sich der Bagmati eingeschnitten hat. Die Bagmatischlucht muß sich demnach zu einem Zeitpunkt gebildet haben, zu dem die Umgebung des Chobarhügels mindestens bis zum Niveau des Oberrandes der Schluchtwände mit Sedimenten erfüllt war. In der Folge muß es zu einer großflächigen Ausräumung des Kathmandubeckens gekommen sein und erst nach dieser zur Ablagerung der jungen Seesedimente, die heute allseits an den Chobarhügel angrenzen. In den Klüften des im Steinbruch aufgeschlossenen Kalkes sind Reste alter rotbrauner Böden und Kolluvien enthalten, die FRANZ (1976) beschrieben hat. Diese Bodenreste sind möglicherweise älter als der auf der hohen Terrasse liegende rote Boden.

Der Straße an der Zementfabrik vorbei südwärts folgend gelangt man beim Ort Garigo an die Grenze der jungen Seeterrassen gegen die Hänge des Maharabhat Lekh. An den Steilhängen des Gebirgsrandes sind hier keine Reste roter Böden erhalten. Auch bei Hatiban, das auf einer schmalen von Kolluvium bedeckten Einebnungsfläche am Hang gelegen ist, sind noch keine roten Böden vorhanden. Erst bei Basbari (1500 m) tritt roter Boden über leicht verfestigten, gut gerundeten, bis kopfgroßen Schottern auf. Von da südwärts ist rotes Bodenmaterial großflächig verbreitet, bei Tilkhel-Banjan sowohl an den Hängen als auch unterhalb der Straße auf einer deutlichen Schotterterrasse. Über der Straße ist hier Rotlehmkolluvium, das einzelne Kalksteine enthält, in einer Mächtigkeit von mehreren Metern aufgeschlossen. Das rote Kolluvium ist sehr bindig und am Ort seiner heutigen Lagerung

hydromorph umgeprägt worden. Es besitzt eine mittelblockige Struktur und in tieferen Schichten an der Oberfläche der blockigen Aggregate schwarze Überzüge. Seine Verlagerung ist offensichtlich nicht erst in jüngster Zeit erfolgt.

Ein kleiner Bach, der nach Auskunft Ortsansässiger den Namen Pihojel Khola trägt, hat östlich unterhalb der Straße einen tiefen Erosionsgraben mit zum Teil senkrechten Wänden eingeschnitten. Dadurch ist ein mehr als 10 m mächtiger Aufschluß entstanden, der die nachstehend beschriebenen Boden- und Sedimentfolge zeigt:

1. Rotlehm, mehrere Meter mächtig, zum Teil kolluvial umgelagert.
2. Schotterkörper, mehrere Meter mächtig, Schotter gut gerundet, in Packung von zum Teil rötlich gefärbtem Feinmaterial.
3. Horizontal geschichtete Feinsedimente mit vollkommen horizontalen Schotterzwischenlagen.
4. Humushorizont, etwa 50 cm mächtig, vielleicht ursprünglich anmoorig, in der senkrechten Wand des Aufschlusses unzugänglich und nur von der gegenüberliegenden Schluchtseite beobachtbar.
5. Hellgraues bis gelbliches Feinsediment, großprismatisch strukturiert, 1,5 bis 2 Meter mächtig.
6. Fossiler Humushorizont.
7. Rotes Bodenmaterial mit einzelnen Steinen, die in ihm unregelmäßig verteilt sind und für kolluviale Verlagerung sprechen.

BOESCH (1968) hat diesen Aufschluß offenbar nicht gesehen, sonst hätte er die „Serie von Pharphing“ nicht als „meist schlecht gerundeten Bachschutt vermischt mit Roterde, der von zwei Bächen vom Chadragiri auf die Seesedimente hinausgeschwemmt und diesen aufgelagert“ wurde, beschreiben können. Die horizontal geschichteten Sedimente und die ungestört zwischen ihnen lagernden fossilen Böden bezeugen den autochthonen Charakter und die Existenz einer Fluß- oder Seeterrasse, die überdies nahezu niveaugleich mit der Terrasse von Chapagaon und Takhel ist. Schließlich ist auf der linken Seite des Erosionsgrabens unweit unter der Geländeoberfläche ein Schotterkörper aus gut gerundeten Schottern aufgeschlossen. Folgt man der Straße weiter nach Pharphing und schließlich nach Dalikhel, so kann man überall eine gerundete Oberflächenformen aufweisende, weithin von mehr oder weniger stark erodierten roten Böden bedeckte Altlandschaft beobachten. Die roten Böden reichen, westlich von Dalikhel bis etwa 2000 m Seehöhe empor, was einer Höhengrenze entspricht, die auch an anderen Punkten der Altlandschaft Zentralnepals ermittelt wurde.

Die bei Chapagaon und Pharphing nachgewiesene, von rotem Boden bedeckte Schotterterrasse am Südrand des Kathmandubeckens besitzt eine erhebliche Ausdehnung. Im Raum von Godawari, weit

östlich des Durchbruchstales des Bagmati-River, konnte sie ebenfalls nachgewiesen werden. Godawari selbst liegt in einem Tal des Maharabhat Lekh, in dem keine Terrassen vorhanden sind. Schon bei Mandala, einige Kilometer nördlich von Godawari ist aber eine von rotem Boden bedeckte alte Terrasse erhalten, deren Oberfläche in etwa 1470 m Seehöhe liegt. Die Schulgebäude dieses Ortes und der Sportplatz liegen auf einer ebenen Fläche, die von rotem Boden bedeckt und von grobem Schotter unterlagert ist. Der Schotterkörper ist in einem Bachtal östlich der Straße gut aufgeschlossen und enthält in den tiefsten, in Bachnähe aufgeschlossenen Teilen sehr grobe, aber wohl gerundete Blöcke.

Weiter nördlich wird die alte hohe Terrasse zwischen den Orten Gatadhara und Poldal von einem tiefen Graben durchschnitten, an dessen beiden Flanken übereinstimmend das folgende Profil aufgeschlossen ist:

A_p 0–40 cm humoser, bearbeiteter Horizont übergehend
B_v 40–160 cm dichter Rotlehm ohne deutliche Struktur
B_{vg} 160–300 cm Rotlehm mit deutlich mittelblockiger Struktur, Aggregate mit schwachen dunklen Überzügen, Farbe nach unten allmählich gelblicher, Struktur gleichzeitig weniger deutlich werdend, zwischen 300 und 950 cm schlecht aufgeschlossen
BC 950–1000 cm gelbes Sediment unmittelbar über dem Schotter, ohne deutliche Struktur
D 1000–2000 cm und tiefer Schotter mit Feinsedimentzwischenlagen, bis zum Talboden reichend, wo grobblockiges, aber gut gerundetes Material ansteht.

Von Gatadhara hat man einen guten Ausblick gegen Westen bis auf die Terrasse von Chapagaon. Auch der Bereich von Pharphing ist noch zu sehen, wenngleich die Sicht auf die Terrasse im Bereich dieses Ortes durch einen Hügel verdeckt ist.

Folgt man der von Godawari nach Kathmandu führenden Straße nordwärts, so befindet man sich bei der Ortschaft Ktini (1420 m) noch immer auf der alten, von rotem Boden bedeckten Terrasse. Das rote Bodenmaterial ist hier jedoch abgetragen und nur noch gelbes Material über dem Schotterkörper erhalten geblieben.

Knapp nördlich Harisidi senkt sich die Straße auf ein nächst tieferes Terrassenniveau ab, dessen Oberfläche bei 1340 m Höhe liegt. Diese Terrasse besteht aus gelblichem Feinsedimentmaterial. Ein Zeugenberg dieses Niveaus befindet sich nördlich der Grenze des zusammenhängenden Terrassenniveaus westlich der Straße. In ihm sind Kalkkonkretionen vorhanden. Der Boden ist auf diesem Zeugenberg weitgehend abgetragen, die zusammenhängende Terrassenfläche ist zur Gänze kultiviert oder verbaut, so daß kein ungestörtes Bodenprofil erhalten geblieben ist.

Noch weiter nördlich befindet sich östlich der Straße auf einem noch niedrigeren Terrassenniveau (1320 m) ein Ziegelwerk, bei dem das folgende Profil aufgenommen wurde:

A_h 0–30 cm schwach humos
B_v 30–60 cm hellockerfarben, steinfrei
B_{vg} 60–100 cm rostfleckig, steinfrei
B_{vg2} 100–250 cm ockerfarbig, rostfleckig, mit leichtem Grusbesatz
D 250–300 cm Schotterband aus feinem Schotter, scharf aufsitzend
A_{fos} 300–350 cm schwärzlich
Darunter folgen Sedimente von wechselnder Korngröße.

Diese Terrasse hat eine erhebliche Ausdehnung von der Ziegelfabrik südwärts bis in den Bereich von Harisidi. Sie findet sich auch nordwärts jenseits der Straßenbrücke gegenüber der Rundfunkstation wieder. Hier ist neben der Straße unter einem ungeschichteten, porösen, ockerfarbenen Feinsediment weißlicher, rostig gebänderter Quarzsand aufgeschlossen, wie er sich auch in den Profilen höherer Seeterrassen am Nordrand des Kathmandubeckens findet. Diese Stelle ist deshalb bemerkenswert, weil sie der am weitesten vom Südrand des Kathmandubeckens nordwärts ins Beckeninnere vorgeschobene Punkt ist, an dem wir gelblich gefärbte Sedimente fanden. Die jungen Seeterrassen weisen nur graue, durch schwarze Humushorizonte unterbrochene Sedimentpakete auf.

Während am Südrand des Kathmandubeckens eine älteste von rotem Boden bedeckte Terrasse vorhanden ist, die unter dem roten Boden einen Schotterkörper aufweist, konnten wir weder am West- noch am Ostrand des Beckens von roten Böden bedeckte Terrassenreste auffinden. Auch am Nordrand des Kathmandubeckens sind nur Seeterrassen mit schwarzen AC-Böden, vereinzelt höchste Terrassenniveaus mit braunen AB_vC-Böden vorhanden. Die angrenzenden Berghänge weisen dagegen allenthalben mindestens Reste roter Böden auf. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß auch hier ursprünglich ein höchstes von rotem Boden bedecktes Terrassenniveau bestand und daß dieses der Erosion anheimgefallen ist. Daß dies aber so vollständig geschehen sein sollte, daß sich selbst in erosionsgeschützten Hangnischen keine Terrassenreste erhalten konnten, erscheint wenig wahrscheinlich. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß im Bereich der heutigen West-, Nord- und Ostbegrenzung des Kathmandubeckens ein von rotem Boden bedecktes ältestes Terrassenniveau nie bestanden hat, was bedeuten würde, daß diese Teile des Kathmandubeckens erst nach der Periode der Bildung roter Böden eingesunken sind. Diese Annahme wird dadurch gestützt, daß der Bagmati-River in den in Klüften rote Bodenreste tragenden Chobarhügel seine Schlucht zu einem Zeitpunkt einzugraben begann, als die Erosionsbasis in diesem Raum noch beträchtlich höher lag als heute.

Es muß somit nach diesem Zeitpunkt eine kräftige Absenkung des Kathmandubeckens stattgefunden haben.

Auf einer Exkursion an den Westrand des Kathmandubeckens hat H. FRANZ im gesamten Bereich zwischen Kathmandu und dem Paß von Natdunga keine von rotem Boden bedeckte Terrasse und auch keinen einen solchen unterlagernden Schotterkörper gefunden. Von den Hängen reichen breite Schuttfächer bis zu den jungen Seeterrassen herab und ebenso auch aus den Gräben flache Schwemmkegel. Im Bereich des Passes von Natdunga, ca. 1600 m, befinden sich zu beiden Seiten der Indienstraße an etwas erosionsgeschützten Stellen Reste roter Böden auf Sandstein der Kathmanduserie. Auf Kolluvien hat sich stellenweise bereits eine reife Braunerde entwickelt, was das höhere Alter der Erosionssedimente bezeugt. Die an den Hängen verbreiteten Reste roter Böden reichen nirgends bis zu den Rändern der jungen Seeterrassen herab, sondern sind von diesen durch einen breiten Gürtel junger, rotlehmfreier Schuttverkleidungen und Schwemmkegel getrennt.

Im Becken von Naubise westlich des Passes von Natdunga reichen die roten Böden bis zum Talgrund, das ist bis ca. 900 m, hinab. Sie beherrschen hier das Landschaftsbild, was im Kathmandubecken nur an dessen Südrand der Fall ist.

Auch am Ostrand des Kathmandubeckens entlang der Chinesenstraße konnten wir keine von rotem Boden bedeckte Terrasse finden. Die höchste am Ostrand des Kathmandubeckens vorhandene Terrasse hat ihre Oberkante in 1440 bis 1450 m. Sie ist südlich der Chinesenstraße östlich von Baktapur (1317 m) beim Ort Dalizo an einem tief eingeschnittenen, von einem kleinen Bach durchflossenen Erosionsgraben aufgeschlossen. Dort liegt eine Abfolge von Böden und Sedimenten vor, die nachstehend mitgeteilt sei:

1. 0 – ca. 2,3 m bräunliches Kolluvium, eckigen Schutt enthaltend, kolluviales Material gegen Westen mächtiger werdend.
2. 2,3–3,0 m Sedimentschicht, weißlicher Sand mit hellbraunen Bändern.
3. 3,0–3,5 m Schuttschicht in Feinsandpackung, Grobskelett stark aufgemürbt, unvollkommen gerundet, weißlichgrau.
4. 3,5–4,0 m 1. fossiler Humushorizont, grauschwarz, sehr kompakt, großprismatisch strukturiert.
5. 4,0–6,5 m Feinsediment mit darüberliegendem Schotterband.
6. 6,5–7,0 m 2. fossiler Humushorizont, sehr intensiv schwarz gefärbt, geschichtete, plattig abgesonderte Schichten aufweisend, dazwischen hellere, sehr dichte und sehr bindige Partien.
7. 7,0–10,5 m Sedimentpaket.

8. 10,5–10,8 m 3. fossiler Humushorizont, wenig dicht gelagert, sandiger als die beiden ersten Humushorizonte, prismatisch strukturiert.
9. 10,8–12,0 m Paket vorwiegend feiner Sedimente.
10. 12,0–12,3 m 4. fossiler Humushorizont.
11. 12,3–13,3 m weißlichgraues, feinsandiges Sediment, darin ein kleines Holzstück gefunden, das jedoch verloren wurde.
12. 13,3–13,4 m 5. fossiler Humushorizont.
13. ab 13,4 m bis zur Bachsohle (ca. 20 m) Feinsediment, vorwiegend kompakter, leicht verfestigter, weißer Sand.

Dies ist zweifellos eine sehr hohe, nicht mehr von rotem, aber von braunem Material bedeckte Terrasse. Zwischen Dalizo und Baktapur befindet sich nördlich der Straße ein isolierter Hügel, der einen Triangulierungspunkt trägt (ca. 1400 m). Er besteht aus feinem Sediment über Sandstein und trägt auf seiner Kuppe einen stark erodierten braunen Boden.

Das Becken von Banepa weist bis fast zum Talboden (die Straße bei Banepa hat 1463 m) rote Böden auf, es gehört wie das Becken von Naubise der von roten Böden bedeckten Altlandschaft an. Terrassen sind hier nicht entwickelt.

Auch am Nordostrand des Kathmandubeckens bei Kharpati gibt es keine von rotem Boden bedeckten Terrassen. An den Hängen gegen Nagarkot sind dagegen rote Böden auf dem anstehenden Gestein weit verbreitet. Gleich unterhalb (südlich) Kharpati ist an der nach Baktapur führenden Straße eine von einem braunen Boden bedeckte Seeterrasse tief aufgeschlossen. Die Oberfläche dieser Terrasse weist eine Seehöhe von 1350–1360 m auf, die nächst tiefere Terrasse erreicht 1320 m. Die höchste Terrasse bei Kharpati weist die folgenden Böden und Sedimente auf:

A_h 0–5 cm schwach humos, graubraun, übergehend

B_v 5–30/35 cm brauner schluffiger Lehm, mäßig dicht, mit undeutlicher Regenwurmstruktur, gut durchwurzelt, übergehend

B_{g1} 30/35–100 cm brauner, rostfleckiger, schluffiger Lehm, nach unten dichter werdend und mit größeren Rostflecken versehen, mit nach unten zunehmender Zahl nadelstichiger Konkretionen, undeutlich mittelblockig, die Aggregate feinblockig zerfallend, stellenweise Kiesnester aufweisend, sonst steinfrei, rasch übergehend

B_{g2} 100–140 cm Horizont mit zahlreichen rostfarbenen, verfestigten Wurzelröhren von 0,5–3,0 cm Durchmesser und hohlem Lumen, Wurzelröhren vertikal verlaufend, parallel, aber mit Abstand von einigen Zentimetern

B_{g3} 140–170 cm bindiger und dichter als B_{g2}, rostfleckig, zahlreiche feine Pflanzenwurzeln enthaltend

B_{g4} 170–200 cm lockerer als B_{g3} und weniger bindig, aber noch rostfleckig

B_{g5} 200–205 cm Raseneisenerzband, verfestigt mit welligem Verlauf

D_1 205–ca. 400 cm feiner weißlicher Sand mit Kieslagen, strukturlos, locker

A_{fos} 400–430 cm fossiler, schwarzer Boden, bergwärts auskeilend

D_2 430–630 cm Sand, z. T. mit Kiesbesatz und mit vielen großen fossilen Holzstücken, diese z. T. sehr frisch, z. T. in schwarzen Letten gepackt, offenbar in einer Mure vom benachbarten Hang in den See eingeschwemmt.

Unter dem holzführenden Horizont folgen weitere Seesedimente, die noch etwa 8 m tiefer aufgeschlossen sind.

Bei einer Exkursion nach Burhanilkanth am Nordrand des Kathmandubeckens, nördlich von Kathmandu, wurden an den steilen Hängen der Randberge nur sehr spärliche Reste roter Böden gesichtet. Der Großteil der Bodendecke ist hier an den Hängen der Erosion zum Opfer gefallen. Bei Chapaligaon, südlich Burhanilkanth, wurde am Erosionsrand einer hohen Terrasse, deren Oberfläche in 1380 m Seehöhe liegt, über dem Luli Khola das folgende Profil aufgenommen:

A_{hp} 0–10/15 cm graubrauner, schwach humoser sandiger Lehm, undeutlich krümelig, mit schwachem Grusbesatz, auch Ziegelreste aufweisend, übergehend

B_{vg} 10/15–50 cm humus- und rostfleckig, Humusflecken nach unten abnehmend, schluffiger Lehm, mittelblockig, dicht, schwach verfestigt, Aggregate stellenweise mit schwarzen Überzügen, mit nadelstichigen Konkretionen, noch durchwurzelt, übergehend

B_gC_1 50–80 cm rostfleckiger sandiger Lehm mit Feingrus- und Glimmerbesatz, ohne deutliche Struktur

B_gC_2 80–100 cm stark glimmeriger Schluff, schwach rostfleckig, strukturlos

C 100–150 cm lehmiger Grobsand mit feinerem Sediment in horizontalen Schichten wechsellagernd, aufsitzend auf

D 150–ca. 400 cm Schotter, vorwiegend Gneis, gut gerundet, in den obersten Lagen bis faustgroß, nach unten feiner werdend, aufsitzend auf

A_{fos} ca. 400–440 cm tief schwarz, sehr dichter schluffiger Ton, nach oben mit schmalem, plattigem Raseneisenerzband abschließend.

Darunter folgen geschichtete Seesedimente: Sand, Schlick, feiner Schotter. Der ganze Aufschluß besitzt bis zum Bachspiegel 13–14 m Mächtigkeit.

Die Überlagerung dieser Seeterrasse mit Bachsedimenten, besonders Schotter, reicht an der Straße südwärts gegen Kathmandu bis zur Schuhfabrik, dann senkt sich die Straße auf eine tiefere Seeterrasse ab, deren Oberfläche bei 1340 m Seehöhe liegt.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß die von Kathmandu nach Trisuli-Basar führende Straße von Jalkini aus ca. 1500 m einen guten Überblick über einen Teil des Nordrandes des Kathmandubeckens in Richtung auf Daramathali gewährt. Hier sind am Rande des Gebirges, das bei Jalkini an vielen Stellen Reste roter Böden aufweist, Reste höherer Seeterrassen erhalten, von denen eine, auf der die Ortschaft Goldunga liegt, mit ihrer Oberkante 1356 m erreicht. Keine dieser höheren Seeterrassen trägt einen roten Boden, die höchsten Terrassenniveaus, die wir am Nordrand des Kathmandubeckens antrafen, besitzen braune Bodendecken.

Faßt man die Ergebnisse unserer Untersuchungen im Kathmandubecken zusammen, so ergibt sich, daß nur am Südrand des Beckens eine von rotem Boden bedeckte Terrasse vorhanden ist. Diese weist unmittelbar unter der mächtigen Bodendecke einen stark verwitterten Schotterkörper auf, was bei keiner jüngeren Terrasse der Fall ist. Treten am Nordrand des Kathmandubeckens oberflächennah Schotter auf Terrassenniveaus auf, so stellen sie Bachaufschüttungen auf der Oberfläche der Seesedimente dar.

Es ist nur eine von rotem Boden bedeckte Terrasse im Kathmandubecken vorhanden, ihre Oberfläche fällt flach gegen Osten ab. Die nächsttieferen Terrassen tragen braune Böden und die Terrassensedimente bestehen mindestens unter der Bodendecke in einer Mächtigkeit von mehreren Metern aus feinklastischem Material. Dieses besteht vor allem am Nordrand des Beckens, stellenweise aber auch am Südrand, aus weißem Sand und ist fast stets deutlich geschichtet. Bei der Radiostation südlich von Patan (ca. 1300 m) ist der weiße Sand von ungeschichtetem, lößähnlichem Material überschichtet. Nur an dieser Stelle und auf der niveaugleichen Terrasse bei Harisidi wurden ungeschichtete Sedimente von lößähnlicher Beschaffenheit im Kathmandubecken gefunden. Ein sicherer Nachweis der äolischen Entstehung dieser Sedimente konnte nicht erbracht werden, wie bisher überhaupt ein sicherer Nachweis von Löß am Südhang des Himalayahauptkammes nur im Kashmirbecken gelungen ist, worüber von H. FRANZ an anderer Stelle berichtet wird.

Die Entwicklung brauner Böden auf den höheren Terrassen mit Terrassenoberkante über 1340 m und ihre Beschränkung auf vor Erosion geschützte Lagen am Beckenrand spricht für ihr höheres Alter. Sollten die auf ihnen lokal auftretenden ungeschichteten, gelblichen, stellenweise mit Kalkkonkretionen versehenen Sedimente tatsächlich Löß sein, würde

das für ein rißzeitliches Alter der Terrassen sprechen. Leider ist zur Zeit das Alter der in der Sedimentserie dieser Terrasse bei Kharpati gefundenen Hölzer noch nicht ermittelt. Sollte es mit der C^{14}-Methode nicht mehr bestimmbar sein, würde das die Vermutung des rißzeitlichen Alters dieser Terrassen stützen.

Die Schlucht, in der der Bagmati-River den Chobarhügel durchschneidet, und die tiefe Lage der den Hügel umgebenden Seeterrassen weisen darauf hin, daß nach dem Zeitpunkt, zu dem der Bagmati die Schlucht einzutiefen begann, eine großflächige Ausräumung von Lockersedimenten aus dem Kathmandubecken stattgefunden haben muß. Dieser ist wahrscheinlich eine weitere Absenkung des Beckens gefolgt, wodurch die Aufschüttung der jungen Seesedimente bedingt wurde. Die gesamte hunderte Meter mächtige Lockersedimentfüllung des Kathmandubeckens ist demnach wahrscheinlich nicht kontinuierlich, sondern von Erosionsperioden unterbrochen abgelagert worden. In einem geologischen Querschnitt durch das Becken verzeichnet Ch. K. SHARMA (1974) im Bereich der Bohrung von Harisidi in großer Tiefe einen fossilen Boden, den er leider nicht näher beschreibt. Da das Liegende und Hangende dieses Bodens von tonigen Sedimenten gebildet wird, ist aber zu vermuten, daß es sich um einen anmoorigen Humushorizont handelt, wie solche in den obersten Seesedimenten an vielen Stellen auftreten. Der Beckengrund wurde von keiner der niedergebrachten Bohrungen erreicht, so daß nicht bekannt ist, ob auf ihm eine Verwitterungs- und Bodendecke erhalten blieb oder nicht. Es fällt aber auf, daß sich nirgends an den Rändern des Kathmandubeckens beobachten läßt, daß rote Böden unter die jungen Sedimente untertauchen, während die Becken von Banepa und Naubise sowie die Täler des Trisuli Ganga und Dun Kosi fast bis zur Talsohle herab mit roten Böden bedeckt sind.

2. Das Becken von Pokhara

Über die Morphologie des Pokharabeckens liegen Untersuchungen von DOLLFUS und USSELMAN (1971) sowie HORMANN (1974) vor. Aus ihnen geht hervor, daß an der Seti Khola zwei Terrassen deutlich voneinander unterschieden werden können: eine jüngere aus den unverfestigten Pokharaschottern aufgebaute Terrasse und eine ältere, deren Schotter zum Gaundakonglomerat verfestigt sind. Das Gaundakonglomerat erhebt sich am Nordrand des Beckens über das Niveau der Pokharaschotter und sinkt, wie HORMANN eingehend dargestellt hat, am Südrand des Beckens unter die Pokharaschotter so weit ab, daß es schließlich vom rezenten Lauf der Seti Khola nicht mehr angeschnitten wird. Es ergibt sich daraus, daß die Seti Khola zur Zeit der Ablagerung

des Gaundakonglomerates ein stärkeres Gefälle besessen hat als später zur Zeit der Ablagerung der Pokharaschotter und in der Gegenwart. Darüber, ob sich auf dem Gaundakonglomerat vor Ablagerung der Pokharaschotter ein Boden gebildet hat und welche Beschaffenheit dieser besaß, gibt die Literatur keinen Aufschluß, wohl aber enthält sie den Hinweis, daß zwischen der Ablagerung des Gaundakonglomerates und derjenigen der Pokharaschotter ein beträchtlicher Zeitraum verstrichen sein muß, da sich auf der Oberfläche des Gaundakonglomerates vor Ablagerung der jüngeren Schotter ein Karstrelief mit mächtigen Karstorgeln bilden konnte. Unsere gemeinsamen Exkursionen im Raum des Pokharabeckens im Jahre 1977 dienten vor allem der Klärung der Frage, ob hier noch ältere Terrassenniveaus als die des Gaundakonglomerates existieren und ob sich auf den einzelnen Niveaus spezifische Bodenbildungen finden. Bei den Begehungen ergaben sich unerwartet auch neue Feststellungen über die Verbreitung der Terrassen.

Der Flughafen von Pokhara ist auf der von den Pokharaschottern gebildeten jungen Terrasse angelegt. Da diese im Flughafenbereich bis etwa 1 m Tiefe leicht verfestigt sind, liefern sie eine ausgezeichnete natürliche Rollbahn. Wie schon HORMANN beschrieben hat, ist die Seti Khola östlich des Flughafens tief in die Pokharaschotter und in das sie unterlagernde Gaundakonglomerat eingeschnitten und bildet eine so enge Schlucht, daß die senkrechten Wände, die vom Gaundakonglomerat gebildet werden, stellenweise zusammengerutscht sind, wodurch sich Naturbrücken über die Schlucht gebildet haben. Beiderseits der Schlucht sind die Pokharaschotter neben derselben ausgeräumt und es hat sich auch an der Grenze der Ausräumungszone ein steiler Erosionsrand gebildet. Im Ausräumungsbereich der Pokharaschotter ist die Oberfläche des Gaundakonglomerates freigelegt und zeigt die typischen Karstorgeln wie überall sonst, wo sie frei zutage liegt. Zwischen den Karstorgeln und besonders dort, wo kleine Zubringer zur Seti Khola ebenfalls schluchtartige Geländeeinschnitte geschaffen haben, die später verstürzt sind, blieben Reste eines ockergelben, sandigen Bodens erhalten, der sich nur über dem Gaundakonglomerat findet. Auf den Pokharaschottern ist nur eine seichtgründige, maximal 30 bis 40 cm mächtige Rendsina, also ein schwarzer Humushorizont, über dem Schotter entwickelt. Es stand daher schon bei der ersten Auffindung des ockergelben, zuoberst bisweilen verbraunten Materiales fest, daß dieses die autochthone Bodendecke über dem Gaundakonglomerat oder wenigstens einen Rest derselben darstellt.

Ein ziemlich vollständiges Profil dieses Bodens fand sich zu unserer Überraschung im Uferbereich des Pokharasees (Phewasees). Der Spiegel des Sees, der im Phewatal westlich des Flughafens von Pokhara gelegen

ist, befindet sich etwas tiefer als das Flughafenniveau, für das 820 m Seehöhe angegeben werden. Die Straße, die vom Flughafen zum Ostende des Sees führt, steigt zunächst ein wenig zum Ort Piota an, von diesem fällt das Gelände flach um mehrere Meter zum Seeufer ab. Dieses ist weithin flach und versumpft, nur auf der Nordseite von einer Hügelkette begrenzt. Nahe dieser Hügelkette liegt beim Seeausrinn eine den Seespiegel um mehrere Meter überragende Halbinsel, auf der ein Tempel steht. Zu unserer Überraschung fand sich im Uferbereich des Sees das Gaundakonglomerat wieder, das bisher nur aus der unmittelbaren Nachbarschaft der Seti Khola beschrieben war. Das bezeugt, daß das Konglomerat wesentlich großflächiger abgelagert wurde, als man bisher angenommen hatte. An seiner Oberfläche sind auch am Ostufer des Pokharasees typische Karstorgeln ausgebildet. Dies ist allerdings nur stellenweise der Fall, da auf der Tempelhalbinsel und gegen den Ort Piota das Konglomerat nach oben immer feiner wird und schließlich in einen Sandstein übergeht. Es wurde somit das Sediment gegen Ende der Akkumulationsphase immer feinkörniger, um schließlich mit einer ziemlich starken Beimengung tonig-schluffigen Materiales von gelber Farbe ihr Ende zu finden. Auch der Sandstein ist schon schwach gelblich gefärbt und zeigt eine plattige Absonderung. Fossilien konnten wir darin keine finden. Auf der der Tempelhalbinsel gegenüberliegenden Seite des Seeausrinnes befinden sich über dem anstehenden Gestein Reste einer roten Bodendecke. Stellenweise ist zu sehen, daß der Sandstein auch am Fuß der Hügelkette über den derzeitigen Seespiegel emporragt, und dort durch Aufnahme roten Erosionssedimentes leicht rötlich gefärbt ist. Da die rötliche Färbung vom roten Bodenmaterial der Hänge herrührt, steht fest, daß die rote Bodendecke bereits bestand, als das Gaundakonglomerat und der seine Sedimentation abschließende Sandstein abgelagert wurden. Die Begehung dieses Uferbereiches im Jahr 1978 ergab, daß der Sandstein großenteils von jungem Brandungsmaterial überlagert ist, das während eines vorübergehenden künstlichen Aufstaues des Sees abgelagert wurde.

Am flachen Hang zwischen dem Seeufer und dem Ort Piota kann man sehen, daß der das Konglomerat überlagernde Sandstein eine Mächtigkeit von etwa 10 m erreicht. Auf ihm hat sich ein ziemlich intensiv gelb gefärbter Boden gebildet, dessen gelbe Färbung aus dem Feinsediment stammt. Auch das Bindemittel des Konglomerates liefert aber bereits gelbliches Verwitterungsmaterial und es ist durchaus möglich, daß die beim Flughafen gefundenen gelben Bodenreste zwischen den Karstorgeln einer relativ rezenten Verwitterung des Konglomerates ihre Entstehung verdanken.

Zur künstlichen Hebung des Sees war an dessen Ausrinn ein Staudamm errichtet worden, der vor wenigen Jahren gebrochen ist,

worauf der Seespiegel, wie schon erwähnt, wieder absank. Die Phurse Khola, die den See entwässert, hat nächst dem Damm am rechten Ufer anstehenden Fels mit darüber liegendem rötlichem Verwitterungsmaterial angeschnitten, am linken Ufer dagegen das Gaundakonglomerat. Wo die Straße nach Tansen und Butwal die Phurse Khola überquert, ist diese etwa 6 bis 8 m in das Gaundakonglomerat eingetieft. In einem Seitengraben gehen in diesem Niveau Quellen auf und nahe dem Talboden ist dort eine 40 bis 50 cm mächtige Schicht bläulichen Tones aufgeschlossen, unter der Wasser austritt. Unter der Tonschicht folgt wieder Konglomerat. Die Basis des Konglomerates ist nirgends aufgeschlossen.

Bei den Begehungen im Jahre 1977 war aus Zeitmangel die Frage offen geblieben, ob so wie der Phewasee auch die übrigen Seen des Pokharabeckens schon durch die Ablagerung des Gaundakonglomerates aufgestaut worden waren oder erst durch die Ablagerung der Pokharaschotter. Im Jahre 1978 wurden diese Seen, der Begnatsee, Ruposee und Kastesee, die alle südlich des Phewasees gelegen sind und sich in fortschreitender Verlandung befinden, aufgesucht. Dabei ergab sich, daß an ihren Ufern des Gaundakonglomerat nirgends zutage tritt, es ist in diesen südlicheren Teilen des Pokharabeckens offenbar schon so tief unter den Pokharaschottern begraben, daß es nur noch in tiefen Erosionsrinnen angeschnitten wird. Eine solche ist nur am Ausrinn des Ruposees vorhanden. Leider war es, da das Gelände von Reisfeldern bedeckt und völlig versumpft ist, unmöglich, dorthin zu gelangen und diese Schlucht zu untersuchen.

Das Gebiet von Hemja, Puranchaur und Cherunga nördlich von Pokhara hat H. MÜLLER begangen. Dies geschah vor allem, um zu überprüfen, ob sich bei Cherunga, wie HORMANN vermutete, über dem Gaundakonglomerat noch ein Rest einer höheren Flußterrasse erhalten hat. Der Weg führt am rechten Ufer der Seti Khola nach NW, wo bei Yanja in 1000 m Höhe das Gaundakonglomerat mit den charakteristischen Karstorgeln aufgeschlossen ist. Über ihm liegt ein brauner Verwitterungsboden; etwas weiter nördlich liegt in 1040 m Höhe der Ort Hemja ebenfalls auf Gaundakonglomerat mit einer braunen Bodendecke. Östlich von Hemja befindet sich eine etwas tiefere Terrasse, ca. 1030 m, auf Gaundakonglomerat, auf der ein mächtiger gelber Boden erhalten ist, der mit einem Humushorizont abschließt. Der gelbe Boden füllt die Zwischenräume zwischen den Karstorgeln, die ihn zum Teil überragen. Weiter gegen die Seti Khola fortschreitend gelangt man auf eine noch tiefere Terrasse, ca. 1000 m. Diese wird nur als Weide benutzt, an ihrer Oberfläche liegen mächtige runde Blöcke. Das Gaundakonglomerat konnte darunter nicht identifiziert werden. Über eine Brücke gelangt man auf die andere Seite der Seti Khola und wieder auf die Terrasse in 1000 m Höhe. Auf dieser ist wieder gelber Boden vorhanden

und es sind auch Karstorgeln des Gaundakonglomerates sichtbar. Unter der 1000-m-Terrasse sind kleine Terrassen der Pokharaschotter ausgebildet, der Talboden der Seti Khola ist hier 300 bis 500 m breit. Puranchaur liegt auf einer von Gaundakonglomerat gebildeten Terrasse in 1040 m, diese ist teils von gelben, teils von braunen, teilweise kolluvialen Böden bedeckt.

Cherunga liegt 1200 m hoch auf einer sehr kleinen Terrasse, die von Reisfeldern und Häusern eingenommen wird. Ein Bodenaufschluß ist dort nicht vorhanden. Am Weg zwischen Cherunga und Puranchaur sind durchgehend gelbe Böden und Erosionssedimente zu beobachten. Wenn diese Böden aus dem Sand über dem Gaundakonglomerat gebildet wurden, muß dieses so hoch emporreichen. Das Konglomerat ist allerdings hier nirgends aufgeschlossen.

Eingehend wurde von uns beiden das Seti-Khola-Tal zwischen Pokhara und Kaireni sowie weiter bis Kumalitar untersucht. Besondere Aufmerksamkeit widmeten wir dem Talquerschnitt bei Gagangauda, weil DOLLFUS und USSELMAN hier mehrere Terrassen in den Pokharaschottern feststellten und glaubten, diese verschiedenen Akkumulationsphasen zuordnen zu können. Am rechten Ufer der Seti Khola steht am Berghang bei Lamgadi über der höchsten Flußterrasse, ca. 610 m, braunes bis rötliches Kolluvium an. Die Terrasse besteht aus Pokharaschotter, auf dem ein AC-Boden liegt und Reisfelder angelegt sind. Die Oberfläche der Terrasse hat, mit dem Höhenmesser bestimmt, 607 m. Sie fällt leicht gegen die Seti Khola ab. Die Pokharaschotter sind oberflächlich stark verfestigt. Für die Erosionskante dieser höchsten Terrasse wurde eine Seehöhe von 600 m ermittelt. An ihrem steilen Erosionsrand tritt an einer Stelle in 595 m hell und rot geflecktes Verwitterungsmaterial unmittelbar über dem aufgemürbten Gestein zutage. Etwas weiter flußaufwärts befindet sich ein Hangausbruch, der tief in das Seti-Khola-Tal hinabreicht. Hier tritt rötlichbraun verwittertes Gestein bis tief unter der Oberfläche der jungen Terrasse zutage, was beweist, daß die Terrasse hier einer älteren, von roten oder braunen Böden bedeckten Landoberfläche an- beziehungsweise aufgelagert ist. Die junge Terrasse weist drei Erosionsstufen in 585 m, 540 m und 535 m auf. Alle diese Niveaus tragen nur junge, wenig entwickelte AC-Böden, was bezeugt, daß sie jung und altersmäßig voneinander wenig verschieden sind. In 535 m tritt das Gaundakonglomerat zutage, Reste gelber Böden konnten auf ihm hier nicht festgestellt werden. Am linken Talhang sieht man unter Gagangauda in den dort relativ feinen Pokharaschottern Bänder von bräunlichem und bräunlichrotem Kolluvium und stellenweise auch Kreuzschichtung. Dieser Aufschluß befindet sich in der Nähe eines Seitenbaches. Die Pokharaschotter überragen hier die Oberfläche des Gaundakonglomerates um mehr als 70 m.

Weiter flußabwärts sind die schon von DOLLFUS und USSELMAN beschriebenen Querstörungen im Talverlauf beobachtbar. Vor dem Eintritt in die Schlucht unterhalb von Khaireni tritt im Bett der Seti Khola ein letztes Mal, wie HORMANN beschrieben hat, das Gaundakonglomerat zutage. Reste einer von rotem Boden bedeckten Terrasse konnten wir hier im Gegensatz zu HORMANN nicht beobachten, sondern nur von rotem Boden bedeckte Hänge. Khaireni liegt auf einer ausgedehnten von Pokharaschotter gebildeten Terrasse mit seichter Bodendecke. Die umliegenden Höhen sind von mächtigen roten Böden bedeckt, die unter die Terrasse einfallen. Daß sich sowohl das Gaundakonglomerat als auch die Pokharaschotter über der von rotem Boden bedeckten Altlandschaft abgelagert haben, kann hier wie an vielen anderen Stellen zweifelsfrei festgestellt werden.

Unterhalb der Seti-Khola-Schlucht weitet sich das Tal im Raum von Kumalitar neuerlich aus. Es sind hier drei junge Terrassen vorhanden, deren Oberflächen in 480, 460 und 400 m Höhe liegen. Sie tragen durchwegs nur junge AC-Böden; über der obersten Terrasse liegt auf anstehendem Gestein braunes Kolluvium.

Die petrographische Untersuchung des Gaundakonglomerates und der Pokharaschotter durch H. FRANZ im Jahre 1978 ergab eine bemerkenswerte Verschiedenheit beider. Das überwiegend aus unvollkommen gerundeten Schottern gebildete Gaundakonglomerat besteht nur aus Gesteinen der Midland-meta-sediment-group im Sinne von YOSHIDE OHTA et al. (1973), demnach vorwiegend aus Sandstein und Phyllit. Auch in der geologischen Karte von HAGEN, 1:1,000.000 (1950–1958), wird für die Pokharaschichten oberes Paläozoikum (Nawarkotschiefer, Quarzit, Konglomerat, Phyllit) angegeben. Dagegen enthalten die meist sehr gut gerundeten Pokharaschotter reichlich kristalline Gerölle. Das besagt, daß das Einzugsgebiet der Seti Khola zur Zeit der Ablagerung des Gaundakonglomerates auf das Verbreitungsgebiet der paläozoischen Sedimente und damit im wesentlichen auf das Mittelgebirge beschränkt war, während die Seti Khola zur Zeit der Ablagerung der Pokharaschotter wie heute ihr Einzugsgebiet bis in den Bereich der Granite, Granitgneise und Migmatite der Anapurnagruppe und damit in das Kristallingebiet des Himalayahauptkammes ausgedehnt hatte.

Aus dieser Feststellung ergeben sich zwei Schlußfolgerungen. Erst zur Zeit der Ablagerung der Pokharaschotter reichte das Einzugsgebiet der Seti Khola bis in das vergletscherte Hochgebirge, so daß es zur Ablagerung fluvioglazialer Schotter kommen konnte, zur Zeit der Ablagerung des Gaundakonglomerates war das noch nicht der Fall. Da die im eiszeitlich unvergletscherten und wahrscheinlich großenteils bewaldeten Mittelgebirge entspringenden Flüsse nach unseren Beobach-

tungen im Zentralhimalaya keine Terrassen gebildet haben, ist wahrscheinlich auch das Gaundakonglomerat nicht als fluvioglaziale Bildung anzusehen, sondern als Füllung eines Senkungsbeckens, demnach tektonisch und nicht klimatisch bedingt. Die Ablagerung muß bei verhältnismäßig schwacher Strömung erfolgt sein, da die Schotter im Gegensatz zu den tieferen Lagen der Pokharaschotter keine Einregelung zeigen. Das spricht zusammen mit der weiten Verbreitung des Gaundakonglomerates dafür, daß das Pokharabecken zur Zeit der Ablagerung des Konglomerates von einem See bedeckt war, der allmählich verlandete, nachdem die Absenkung des Beckens vorübergehend zum Stillstand gekommen war. Auch gegen Ende der Akkumulation der Pokharaschotter muß die Seti Khola weit ausgeufert sein und das Becken mit einem großen See erfüllt haben. Die in den tieferen Schichten deutlich geschichteten und eingeregelten Schotter zeigen im oberen Teil des Schotterpaketes weder Schichtung noch Einregelung.

Vor Ablagerung des Gaundakonglomerates wird das Einzugsgebiet der Seti Khola nicht größer, sondern eher kleiner gewesen sein, so daß keine Voraussetzungen für die Ablagerung fluvioglazialer Schotter bestanden. Das macht es verständlich, daß es im Pokharabecken nicht zur Ablagerung von Schottern kam, auf denen rote Böden zur Entwicklung kamen, so daß von rotem Boden bedeckte Terrassen im Raum von Pokhara fehlen.

Das Gefälle der Straße, die vom Ort Piota zum Flughafen führt, beträgt auf dieser Strecke etwa 20 m. Da Piota auf den das Gaundakonglomerat überlagernden Feinsedimenten liegt und deren Mächtigkeit mit etwa 10 m bestimmt wurde, beim Flughafen anderseits das Gaundakonglomerat mindestens 10 m unter Pokharaschottern begraben liegt, weist die Oberfläche des Gaundakonglomerates zwischen dem See und dem Flughafen ein Gefälle von etwa 20 m auf. Ein noch stärkeres Gefälle besteht, wie schon HORMANN (1974) gezeigt hat, entlang des Oberlaufes der Seti Khola. Während die Seti Khola im Flughafenbereich eine enge und tiefe Schlucht gegraben hat, schuf sie sich weiter im Süden ein verhältnismäßig breites Bett, das allerdings auch noch tief in die Pokharaschotter und das Gaundakonglomerat eingeschnitten ist. Die tiefe und enge Schlucht kann sich erst gebildet haben, als sich die Pokharaschotter bereits über das ganze Pokharabecken ausgebreitet hatten, denn die Auffüllung einer so engen Schlucht mit Sedimenten wäre selbst in einer Zeit starker Akkumulation nicht möglich gewesen.

Die intensive Erosionstätigkeit nach Ablagerung der Pokharaschotter und der starke Gefälleunterschied zwischen der Oberfläche des Gaundakonglomerates und den Pokharaschottern sprechen für sehr junge tektonische Bewegungen in diesem Bereich des Himalaya. Am

Südende des Beckens haben, wie schon erwähnt, bereits DOLLFUS und USSELMAN junge Absenkungen festgestellt, die sogar auch noch die Pokharaschotter erfaßt haben. Diese jungen Bewegungen, die sich nach dem Gefälleunterschied zwischen Gaundakonglomerat und jungen Schottern gegen den Himalayahauptkamm verstärkten, sind offenbar dafür verantwortlich, daß beim Übergang aus der Altlandschaft in den Bereich der Hauptkette des Gebirges die Flußterrassen meist verschwinden und Kerbtäler an die Stelle der Sohlentäler treten. Sie sind sicher auch dafür verantwortlich, daß im Bereich des Himalayahauptkammes ältere Verebnungsflächen und Böden fast völlig fehlen.

3. Beobachtungen an der Mardy und Marsyandi Khola

Bei Damauli wird von der Straße Pokhara–Kathmandu das Tal der Mardy Khola erreicht. Am linken Flußufer wird durch die Straße ein mächtiges Profil durch eine alte, von rotem Boden bedeckte Flußterrasse aufgeschlossen. Es zeigt den folgenden Aufbau:

0–2,0 m Rotlehm mit humosem, mehr oder weniger erodiertem Horizont an der Oberfläche, Farbe 2,5 YR 4/4.

2,0–3,3 m Schotterkörper, zuoberst große, gerundete Blöcke, nach unten Durchmesser der Gerölle abnehmend, zu einem erheblichen Teil gerundete Quarze, in Packung von rotem Feinmaterial. Oberkante des Schotterkörpers in etwa 370 m Seehöhe.

3,3–3,5 m nach unten heller werdender Sand mit Besatz stark verwitterter Steine.

3,5–5,5 m stark verwitterter Schotter in bräunlichgelber Packung.

5,5 m und tiefer, Schotter viel stärker verwittert als darüber.

In nicht genau bestimmbarer Tiefe, weil an der Straße nur hangabwärts nahe dem Fluß aufgeschlossen, werden die Schotter von verfestigtem Material, teils kantiger, teils gerundeter Beschaffenheit unterlagert. Auch diese Konglomerat-Breccie ist in ihren obersten Schichten noch stark verwittert. Insgesamt weist das Profil, von dem an der Straße hangabwärts gegen den Fluß immer tiefere Teile aufgeschlossen sind, 5 bis 8 m roten Boden, darunter ca. 15 m Schotter in Packung von rötlichem Feinmaterial und zuunterst verfestigtes Material von unterschiedlichem Rundungsgrad auf. Das Profil zeigt Merkmale, die auch anderen alten, von rotem Boden bedeckten Terrassen zukommen: einen mächtigen roten Boden von so intensiver Verwitterung, wie sie nur in humidtropischen, allenfalls subtropischen Klimabedingungen erfolgen kann, darunter einen mächtigen, bis zu großer Tiefe intensiv verwitterten Schotterkörper und schließlich unter diesem verfestigtes, schwach oder

nicht gerundetes Material, das wenig weit transportiert wurde und eher als Hangschutt denn als fluviatiles Sediment zu deuten ist. An die von rotem Boden bedeckte Terrasse schließt am linken Flußufer eine junge Terrasse an, deren Oberkante in 350 m liegt. Sie trägt einen seichtgründigen AC-Boden.

Der Straße weiter ostwärts folgend erreicht man beim Ort Bimal Nagar das Tal der Marsyandi Khola. Überquert man den Fluß über die Hängebrücke und folgt ihm linksuferig aufwärts, so findet man an den Hängen zunächst keine roten Böden. Erst bei Chyanlitar (ca. 500 m) treten an den Hängen in größerem Umfang Rotlehmreste auf. Eine hohe, von rotem Boden bedeckte Schotterterrasse ist hier nicht vorhanden. H. MÜLLER hat den Rückweg über die andere Flußseite genommen und fand hier eine ausgedehnte, von rotem Boden bedeckte Schotterterrasse, deren Oberkante in 530 m gelegen ist. Die Terrasse zeigt den folgenden Aufbau:

0–1,3 m intensiv rot gefärbter Boden ohne Grobskelettbeimengung

1,3–1,7 m Schotterband mit gut gerundeten, stark aufgemürbten Schottern

1,7–2,5 m intensiv rot gefärbter Boden ohne Grobskelettbeimengung, allmählich übergehend

2,5–ca. 20 m stark verwitterter Schotter (Sandstein und Glimmerschiefer, gelblich bis grau gefärbt)

ab 20 m wird das Material immer heller gefärbt, der Aufschluß erreicht die Untergrenze des Schotterkörpers nicht. Die Terrasse wurde von Bhansar weit südwärts gegen die Straße bei Bimal Nagar verfolgt.

Beim Abstieg von der Terrassenkante gegen die Marsyandi Khola führt der Weg an einem mächtigen, gut aufgeschlossenen Konglomerat vorbei. Dieses zeigt an der Oberkante ein stark verkarstetes Relief, ähnlich dem des Gaundakonglomerates bei Pokhara, dem das Konglomerat auch faziell sehr ähnlich ist. An der Basis des Konglomerates befinden sich Blöcke bis zu 1 m Durchmesser.

Bei Bimal Nagar mündet rechtsuferig die Tunthi Khola in die Marsyandi Khola. Die Täler der beiden Flüsse werden oberhalb der Einmündung durch einen Höhenrücken getrennt, der aus Sandstein besteht. H. FRANZ hat im Zuge der Befahrung der Straße Kathmandu–Pokhara die Tunthi Khola bei Dumre in einer Furt überquert und diesen Höhenrücken begangen. Dabei fanden sich zwar auf dem anstehenden Gestein in weiter Verbreitung rote Böden, aber keine das Tunthi-Khola-Tal begleitenden Schotterterrassen. Die Tunthi Khola entspringt im eiszeitlich unvergletscherten Mittelgebirge, während die Marsyandi Khola aus dem auch heute intensiv vergletscherten Ana-

purnagebiet kommt. Auf dem viel begangenen Weg von der Furt über den Höhenrücken nach Süden wird nirgends eine Schotterterrasse überquert, die beschriebene alte Terrasse an der Marsyandi Khola scheint demnach nur einen verhältnismäßig schmalen Raum neben dem Marsyandital einzunehmen. Auch das oben beschriebene Konglomerat wurde nicht wieder gefunden.

4. Die Terrassenlandschaft des Trisuli Gandaki

H. FRANZ hat im Jahre 1971 zum ersten Mal auf dem Rückweg von den Gosainkundeseen die Terrassenlandschaft am Trisuli Gandaki bei Trisuli Basar gesehen und damals eine hohe, von rotem Boden bedeckte Terrasse, eine mittlere mit brauner Bodendecke und eine tiefste mit einem AC-Boden unterschieden. Er beobachtete am Weg, der von Betrawati durch das Trisulital südwärts nach Trisuli Basar führt, erstmals etwa halbwegs zwischen Manigaon und Trisuli Basar rote Böden, weiter talaufwärts waren solche nirgends vorhanden gewesen.

Inzwischen hatten DOLLFUS und USSELMAN (1971) die Terrassen am Trisuli Gandaki im Raum von Trisuli Basar beschrieben, und in jüngster Zeit haben HUBSCHMAN und THOURET (1976) Beschreibungen von Bodenprofilen auf den verschieden alten Terrassen angefertigt. Sie glaubten, auch über der großflächigen, von rotem Boden bedeckten Terrasse von Pipaltar südlich Trisuli Basar Reste einer noch höheren, von rotem Boden bedeckten Terrasse gefunden zu haben, wogegen bisher in allen anderen in Zentralnepal daraufhin untersuchten Tälern nur eine alte Terrasse mit roter Bodendecke festgestellt worden war. Dies und der Umstand, daß wir feststellen wollten, ob nicht auch am Trisuli Gandaki Gaundakonglomerat vorkommt, veranlaßte uns, die Terrassenlandschaft dieses Raumes neuerlich einer Untersuchung zu unterziehen.

Trisuli Basar befindet sich an einer Engstelle des Trisulitales, Flußterrassen sind aber sowohl ober- als auch unterhalb dieser Engstelle ausgebildet. Wir untersuchten zunächst die Terrassen oberhalb des Ortes, die rechtsuferig auf dem zum Stausee des Kraftwerkes führenden Weg gut erreichbar sind. Die hohe, von rotem Boden bedeckte Terrasse erhebt sich hoch über das Straßenniveau und fällt mit einem steilen Erosionsrand gegen dieses und gegen die Ebenheit ab, auf der der Fahrweg zum Stausee führt. Erklimmt man etwa am unteren Ende des Stausees die Höhe der Terrasse, so sieht man, daß die über dem Schotterkörper gelegene rote Bodendecke weithin künstlich abgetragen wurde. Um einen einzelnen stehengebliebenen alten Baum wurde ein Sockel roten Bodens stehengelassen, er läßt erkennen, in welcher Höhe die ursprüngliche Bodendecke gelegen war. Geht man auf der Terrassen-

höhe weiter flußaufwärts, so gelangt man schließlich zu Abbauwänden, bis zu denen das dem Schotterkörper aufliegende Feinmaterial abgebaut worden ist. Diese noch frischen Abbauwände erschließen überaus interessante Profile, die etwa über der Längsmitte des Stausees gelegen sind. Durch Zusammenschau dieser Aufschlüsse läßt sich das folgende Gesamtprofil beschreiben:

1. 60 cm unter der derzeitigen, erosiv bedingten Oberkante des Profiles Übergang eines roten Bodens in gelbes Feinsediment. Schluffiger Lehm, grobskelettfrei, dicht, strukturlos, Farbe 5 YR 5/7, allmählich übergehend
2. 190 cm unter der Oberkante, grobskelettfrei, etwas bindiger als darüber, schwach feinblockig strukturiert, Farbe 10 YR 6/5, übergehend
3. in diesem Aufschluß nur wenig tiefer verfolgbar, aber auf der talab flach geneigten Abtragungsfläche in einem anderen Aufschluß, etwa 3 m unter Schicht 2 erschlossen, *Seeschlick* mit zahlreichen Pflanzenresten (Halme und Blätter von Gramineen), leicht rostfleckig, feinporös, sehr dicht, stellenweise plattig abgesondert. Farbe der dunklen Flecken 7,5 YR 6/5, der hellen Flecken 2,5 YR 6/3, Mischfarbe 10 YR 6/4–5/3, mit schwachen nadelstichigen Konkretionen. Sedimentpaket etwa 3 m mächtig, an der Abbauwand erosiv ausgewaschen, mit der Tendenz zur Bildung von Erosionspyramiden
4. am Unterrand des Seeschlicks befindet sich ein 10 cm mächtiges Band kantigen Feinschuttes (Quarz, Phyllit u. a.)
5. darunter etwa 40 cm Seeschlick wie oben mit deutlichen nadelstichigen Konkretionen, rasch übergehend
6. etwa 6,3 m unter dem obersten Niveau mittel- bis feinblockiges Feinsediment mit feinen Pflanzenresten und kleinen weißen Punkten (vielleicht Schalenresten), feinporös, die vorherrschende dunkle Farbe 7,5 YR 5/8, die helleren Flecken 10 YR 7/4, Mischfarbe 10 YR 5/4.

Von diesem Aufschluß talab sind die Feinsedimente von Natur aus immer tiefer abgetragen und es tritt unter ihnen die Oberfläche des Schotterkörpers zutage. Die Feinsedimente sind eindeutig die Ablagerungen eines Sees.

Bei dem schon erwähnten, stehengebliebenen Baum ist das gesamte, den Schotter noch überlagernde Feinmaterial, etwa 2 m mächtig, in roten Boden verwandelt, dieser ist grobskelettfrei, feinblockig, weist an den Aggregatgrenzen stellenweise schwarze Überzüge auf, stellenweise auch schwarze Konkretionen, das Material ist sehr bindig (toniger Lehm), Mischfarbe 5 YR 4/6.

Am Rand der Terrasse gegen den Hang sind Aufschlüsse vorhanden, in denen kolluviales rotes Material mit Beimengung eckigen Schuttes dem autochthonen Boden aufgelagert ist, ihn stellenweise aber auch ganz ersetzt. Diese Aufschlüsse sind meist mehrere Meter mächtig, so daß anzunehmen ist, daß bei dem stehengebliebenen Baum der rote Boden nicht mehr in seiner ursprünglichen Mächtigkeit erhalten ist.

Der rote Boden beim erwähnten Baum liegt wesentlich tiefer als der am weitesten talaufwärts gelegene Aufschluß, in dem gerade noch der Übergang des roten Bodens in das Seesediment, aus dem er hervorgegangen ist, erhalten blieb. Daraus ergibt sich, daß die dem Schotterkörper aufgelagerten Seesedimente teilweise, und zwar talauswärts, immer weitgehender abgetragen wurden, bevor es zur Bildung des roten Bodens kam. Zwischen der Ablagerung der Seesedimente und der nachfolgenden Trockenlegung des Sees, die zeitlich lückenlos aufeinander gefolgt sind, und der Bildung des roten Bodens muß eine Zeitlücke bestehen. In dieser ist die teilweise Abtragung der Seesedimente, talab letztlich bis auf den Schotterkörper, erfolgt. Diese Feststellung ist wichtig, weil sie zeigt, daß der Ablagerung des Schotters die Ablagerung der Seesedimente zwar wahrscheinlich unmittelbar folgte, da zwischen beiden keine Verwitterung und Bodenbildung nachweisbar ist, daß aber die Bildung der roten Böden nicht unmittelbar nach der Verlandung des Sees, sondern erst nach teilweiser Erosion der Seesedimente einsetzte. Damit ist in Zentralnepal erstmalig eine Sedimentfolge nachgewiesen, die älter ist als die Bildung der roten Böden auf der ältesten Schotterterrasse, und zugleich eine Erosionsphase, die zwischen der Sedimentation der Feinsedimentdecke auf den ältesten Schottern und der Bildung der roten Böden liegt.

Darüber, ob die Bildung der roten Böden auf den anstehenden festen Gesteinen der Altlandschaft weiter zurückreicht als die auf den ältesten Schottern, kann auf Grund der uns vorliegenden Beobachtungen keine Aussage gemacht werden. Unter den Seesedimenten sind die Schotter, das sei ausdrücklich festgehalten, relativ frisch, sie sind gut gerundet und erreichen Durchmesser von 10 bis 15 cm. Weiter talab gegen Trisuli Basar sind sie an der Oberfläche des Schotterkörpers stärker aufgemürbt, was darauf hinweist, daß die vor Verwitterung schützende Feinsedimentdecke hier schon geraume Zeit weniger mächtig war.

Der von Trisuli Basar zum Stausee führende Fahrweg benützt eine tiefer gelegene Erosionsterrasse, die so gut wie keine Bodendecke über dem Schotter trägt.

Am gegenüberliegenden linken Flußufer ist ein Terrassenniveau in gleicher Höhe erhalten wie das von Seesedimenten bedeckte. Am südlichen Ende dieser gegen die Talenge bei Trisuli Basar flach abfallen-

den Terrassenfläche sind vom rechten Ufer aus rote Böden zu erkennen. Flußaufwärts vom Stausee scheinen keine Flußterrassen erhalten geblieben zu sein.

Zwischen den Terrassen oberhalb der Talenge und denen unterhalb derselben besteht kein direkter räumlicher Zusammenhang. Die rechtsuferige hohe Terrasse reicht zwar über Trisuli Basar noch etwas nach Süden, wird aber dann von der rechtsuferig in den Trisuli Gandaki einmündenden Samri Khola erosiv abgeschnitten.

Die alte, von rotem Boden bedeckte Terrasse, die von HUBSCHMAN und THOURET als Pipaltarterrasse bezeichnet wurde, tritt an der Straße unterhalb Trisuli Basar erstmalig etwas südlich des Ortes Bidur auf. Weiter südlich bei Batar tritt die mittlere Terrasse an ihre Stelle. Dann folgen Hänge mit von rotem Boden bedecktem anstehendem Gestein und schließlich vor dem Ort Gongaje Banjan ein Aufschluß, in dem der stark verwitterte Schotterkörper der Pipaltarterrasse unmittelbar an gebankte Sandsteine und Schiefer der Nawakot-Metasedimentserie angrenzt. Der Schotterkörper ist hier an der Straße in einer Mächtigkeit von etwa 10 m aufgeschlossen. Die Pipaltarterrasse fällt sehr flach südwärts ein, nördlich von ihr erheben sich im Raum von Nawakot die aus den Gesteinen der Nawakotserie bestehenden, von roten Böden bedeckten Bergrücken der Altlandschaft. Diese bilden auffällige Hangstufen, die in verschiedenen Niveauhöhen liegen, aber keine Schotterkörper aufweisen. Wahrscheinlich waren HUBSCHMAN und THOURET der Meinung, in diesen Hangstufen Schotterterrassen vor sich zu haben. In Wirklichkeit ist die Pipaltarterrasse die höchste Terrasse am Trisuli Gandaki unterhalb von Trisuli Basar und zweifellos das Äquivalent des ober der Talenge von Seesedimenten bedeckten Terrassenniveaus. Die Oberfläche der Pipaltarterrasse liegt nördlich von Baniladanda in etwa 700 m Seehöhe, der Boden besitzt eine äußerst intensiv rote Färbung, eine dort entnommene Probe ergab den Farbwert 2,5 YR 4/6–3/6.

An der Tadi Khola, die weiter flußabwärts linksuferig in den Trisuli Gandaki mündet, sind keine höheren Terrassen sichtbar, eine sehr niedere Terrassenfläche ist von der Höhe der Pipaltarterrasse flußaufwärts am linken Ufer zu sehen. Die an das Tadi-Khola-Tal angrenzende Pipaltarterrasse gehört dem Terrassensystem des Trisuli Gandaki an. Der Mangel fluvioglazialer Terrassen an der Tadi Khola, die erwähnte ganz niedrige Terrasse ist als subrezent anzusehen, bestätigt die Regel, daß die im eiszeitlich unvergletscherten Mittelland Nepals entspringenden Flüsse keine fluvioglazialen Schotterterrassen aufweisen.

Die Mittelterrasse des Trisuli Gandaki erreicht bei Batar das Niveau von etwa 690 m, sie trägt nur einen mäßig mächtigen rötlichen Boden, dessen Farbe in einem Aufschluß neben der Straße mit 7,5 YR 5/6

bestimmt wurde. Unter ihr folgt die Jungterrasse, die unterhalb Batar in beträchtlicher Ausdehnung erhalten ist und nur einen AC-Boden trägt. HUBSCHMAN und THOURET haben mehrere junge Terrassenniveaus unterschieden, die jedoch durchwegs nur junge AC-Böden tragen und daher im Alter nicht stark differieren können. Ein Äquivalent des Gaundakonglomerates konnten wir im Raum von Trisuli Basar nicht auffinden.

Eine Bemerkung sei noch zur Höhenverbreitung der roten Böden in der Altlandschaft gemacht. Die Trasse der Straße Kathmandu–Trisuli Basar gibt Gelegenheit, hierüber aufschlußreiche Beobachtungen zu machen. Nahe dem höchsten Punkt der Straße bei Kanlithana, 1860 m, stehen an Hanganschnitten noch rote Böden an. Reste solcher reichen bis etwa 2000 m empor. Allerdings sind diese höchstgelegenen Vorkommen im Vergleich mit den Profilen tieferer Lagen seichtgründiger und auch wesentlich weniger intensiv rot gefärbt, was unter anderem als Folge einer weniger intensiven Verwitterung anzusehen ist. Es kann daraus geschlossen werden, daß es auch zur Zeit der Bildung roter Böden im Mittelland Nepals eine Obergrenze ihrer Verbreitung gab. Diese war ebenso klimabedingt wie die Tatsache, daß heute in den gebirgigen Teilen Nepals keine roten Böden mehr gebildet werden.

Die im Jahr 1977 am Trisuli Gandaki gemachten Beobachtungen konnten im Jahr 1978 noch ergänzt werden. Beim Flug mit einem Helikopter aus dem Thakkholagebiet nach Kathmandu konnte festgestellt werden, daß die Pipaltarterrasse am Zusammenfluß der Tadi Khola mit dem Trisuli Gandaki ihr Südende findet. Von da südwärts konnten im Längstal des Flusses vom Flugzeug aus keine von roten Böden bedeckten Terrassen gesichtet werden, was allerdings nicht ausschließt, daß kleine, vom Flugzeug aus nicht erkennbare Reste dieser Terrasse in diesem Talabschnitt doch erhalten sind. Gut erhaltene, von rotem Boden bedeckte Terrassen treten wieder bei Beni Ghat auf, wo die Mahesh Khola in den Trisuli Gandaki mündet und dieser nach Westen umbiegt. Diese Talstrecke ist durch die von Kathmandu nach Pokhara führende Straße erschlossen. Das von dieser Straße benützte Tal der Mahesh Khola ist ein breites, altes Tal mit weitgehend ausgeglichenem Gefälle. Dies gilt nicht für die gesamte es nach Westen fortsetzende Talstrecke des Trisuli Gandaki. Nach dem Zusammenfluß der beiden Flüsse ist auch dieser Talabschnitt noch breit und es sind in ihm allenthalben Reste der alten Terrasse erhalten. Besonders bemerkenswert sind die Terrassenreste, die an der Einmündung der Bisaltar Khola, einem kleinen linksuferigen Zubringer des Trisuli Gandaki, erhalten geblieben sind. Die alte, von rotem Boden bedeckte Terrasse ist hier neben der Straße gut erschlossen. Ein Schotterkörper, der 8 bis 10 m hoch freigelegt ist und aus grobem

Schotter (vorwiegend Quarz) besteht, ist hier von 8 bis 10 m roten Bodens überlagert. Das bindige Material weist schwarze Überzüge an der Oberfläche der blockigen Aggregate auf. Über dem roten Boden liegt Kolluvium aus kantigem Schutt und kolluvialem Bodenmaterial. Der rote Boden ist nicht so intensiv gefärbt wie bei Pipaltar, es ist jedoch nicht daran zu zweifeln, daß es sich um das gleiche Terrassenniveau handelt. Im Taleinschnitt der Bisaltar Khola ist in die hohe Terrasse eine etwas tiefere eingeschachtelt. Sie besteht zuoberst aus gelbem, braun gebändertem Sand, dessen Oberkante 10 bis 12 m unter der Oberkante der hohen Terrasse liegt. Über dem gelben Sand lagern stellenweise diskordant grobe Schotter, die eindeutig kolluvialer Herkunft sind. Auch unter dem gelben Sand sind Schotterlagen vorhanden, die mit Sand wechsellagern. Diese mittlere Terrasse ist sehr wahrscheinlich der mittleren Terrasse südlich von Trisuli Basar gleichzusetzen, obwohl dort kein gelber, braun gebänderter Sand beobachtet wurde. Talabwärts sind Terrassenreste mit roten Böden westwärts bis etwas über den Ort Charaudi hinaus vorhanden. Östlich von Charaudi treten etwa 5 m über dem Straßenniveau an mehreren Stellen Terrassenschotter auf, 10 m unter der Straße liegt die Oberfläche einer aus Sand aufgebauten Terrasse, wie solche in Talausweitungen des Trisulitales weiter westlich noch an mehreren Stellen auftreten. Von dem letzten Auftreten einer Terrasse mit roter Bodendecke, etwas westlich von Charaudi, ändert sich das Talbild schlagartig. Das Tal wird eng und dort, wo es eine größere Breite erlangt, sind Sandterrassen ausgebildet. Eine solche Terrasse aus Sand mit Kiesschnüren ist an der Straße beim Ort Maihinthar aufgeschlossen, eine weitere, die in kleiner Ausdehnung über die Straße emporreicht, beim Ort Chaunithar. Bei Purimtar ist in einer Talausweitung eine Abfolge von drei Sandterrassen vorhanden. Die Oberkante der höchsten liegt einige Meter über dem Straßenniveau, an der Straße ist das folgende Profil aufgeschlossen:

A_h 0–45 cm schwarzer, humoser Sand.
B_v 45–ca 200 cm brauner Sand.
B_vC ab ca 200 cm nach unten allmählich heller werdender Sand.

Die mittlere Sandterrasse liegt 5 bis 8 m tiefer als die höchste, sie besitzt einen schwarzen AC-Boden. Die unterste Terrasse liegt noch etwa 10 m tiefer und etwa 4 m über dem rezenten Flußbett, sie trägt einen grauen AC-Boden. Flußabwärts von dieser Talausweitung nimmt das Trisulital schluchtartigen Charakter an, der sich auch nach Einmündung des Buri Gandaki nicht ändert. Bei Mugling trifft die von Westen kommende Marsyandi Khola mit dem Trisuli Gandaki zusammen und dieser bricht in einem schluchtartigen Tal durch den Mahabarath Lekh nach Süden durch, um schließlich in den von Westen kommenden Kali

Gandaki zu münden. Wie das Trisulital westlich Purimtar so zeigt auch das Marsyandital ab Bimal Nagar, wo es nach Osten umbiegt, einen durchaus jugendlichen, unausgeglichenen Charakter. Es steht außer Zweifel, daß die meisten ost-west verlaufenden Talstrecken viel später entstanden sind als die nord-süd verlaufenden und daß die Änderung der Flußrichtung, die so viele Flüsse im Zentralhimalaya am Nordfuß des Maharabath Lekh zeigen, durch junge tektonische Vorgänge bedingt ist. Die im Trisulital auftretenden Sandterrassen, die jeweils oberhalb von Engstellen des Tales liegen, sind als Folge eines Staues entstanden, da der Fluß in den schluchtartigen Strecken sein Bett nur langsam auf das Niveau der offenbar älteren Talböden der Talausweitungen eintiefen konnte. Wie die Abfolge dreier Sandterrassen bei Purimtar bezeugt, ist die Eintiefung nicht gleichmäßig erfolgt, sondern es haben Perioden stärkerer Erosion mit solchen schwächerer abgewechselt.

5. Die Terrassen des Sun Kosi und Indrawati im Raum von Dolal Ghat

Dolal Ghat liegt an der von Kathmandu über Barahbise zur tibetischen Grenze führenden Straße, die ein weites Stück dem Tal des Sun Kosi folgt. Während der Sun Kosi weit nördlich der nepalischen Grenze im Tibetischen Hochland entspringt, liegt das Quellgebiet seines bedeutendsten Nebenflusses, des Indrawati River, im Langtang-Himalaya. Die Flußterrassen im Raum von Dolal Ghat wurden von H. MÜLLER studiert.

Von Dolal Ghat führt die Chinesenstraße nordwärts nach Chautara auf dem Höhenrücken zwischen Indrawati und Sun Kosi bis in die Gegend von Pawthok. Hier finden sich durchwegs rote Böden, die der Altlandschaft zuzurechnen sind. Auf einem Weg ostwärts in das Sun-Kosi-Tal trifft man bei 830 m auf ein nicht sehr markant ausgeprägtes Terrassenniveau mit mächtigen Schotterlagen. In den oberen Partien sind die Schotter in intensiv rot gefärbtes Feinmaterial eingebettet. Das feinsandig-schluffige Material zwischen den bis zu 50 cm Durchmesser erreichenden Schottern wird nach unten hin heller. Die Schotter sind vorwiegend gut gerundete Quarze. In 790 m Höhe beginnt das aufgemürbte anstehende Gestein, das bis zu der mit rezenten Sedimenten bedeckten Flußsohle des Sun Kosi hinabreicht. Tiefere Terrassen als die mit Oberkante bei 830 m sind nicht vorhanden. Wo die Chinesenstraße den Hügelzug zwischen Indrawati und Sun Kosi überschreitet, ist die Terrasse ebenfalls anzutreffen und kann südwärts weiter verfolgt werden. Der Ort Bandeotar liegt auf dieser vollkommen entwaldeten, degradierten und zum Teil vegetationslosen Fläche. Die Gerölle sind hier

von einer schwarzen Kruste überzogen. Am Weg von Bandeotar nach Dolal Ghat liegen die Gerölle bei 770–780 m in hellgraubraunen Sand eingebettet und bei 740–750 m trifft man auf das anstehende Gestein, das steil zum Flußufer abfällt. Auch auf dem alten Trekkingweg von Dolal Ghat nach Osten erreicht man die Terrasse in 850 m Höhe. Die Oberkante der dunkel überkrusteten Schotter mit einem Durchmesser bis zu 50 cm liegt bei 820 m. Die Verebnung ist vollkommen degradiert und fast vegetationslos. Die Terrasse geht in eine Steilstufe mit anstehendem aufgemürbtem Gestein über. Bei Pawa ist eine weitere Verebnung bei 970 m vorhanden. Hier konnten keine Schotter festgestellt werden. Eine weitere Verebnung mit seichtgründigen jungen Böden ohne Schotter befindet sich bei 1040 m. Über Dumre, das sich auf einer kleinen ebenen Fläche befindet, beginnt die Altlandschaft. BOESCH und LOMBARD beobachteten in diesem Bereich drei Terrassen bei 1100 m, 1030 m und 840 m. Es weist jedoch nach den eigenen Geländebefunden nur das niedrigste Niveau einen Schotterkörper auf, bei den anderen Niveaus handelt es sich offenbar um Einebnungsflächen der Altlandschaft. Beim Rückweg südwestwärts in Richtung Sun Kosi konnte in 830 m die einzige im Gebiet beobachtete Terrasse wieder deutlich ausgebildet angetroffen werden.

Am rechten Ufer des Indrawati River entlang führt der Weg von Dolal Ghat nordwärts über aufgemürbtes Gestein, bis man bei 670 m auf gut gerundete Schotter trifft, die einen ähnlichen Aspekt aufweisen wie die der 830-m-Terrasse des Sun Kosi. Das intensiv rot gefärbte Material über den Schottern ist sandig bis schwach schluffig. Die Schotter haben Durchmesser bis zu maximal 50 cm und liegen dem anstehenden Fels direkt auf. Dem Weg in nördlicher Richtung weiterfolgend trifft man bei Mandano in 720 m Höhe auf eine zweite, nicht sehr deutlich ausgebildete Terrasse. Über den Schottern liegen rote Böden, die aber durch die Nähe des dahinter ansteigenden, der Altlandschaft angehörigen Geländes, kolluvial umgelagert sind. Von Mandano ostwärts gelangt man durch Reis- und Zuckerrohrfelder auf das Niveau von 670 m mit intensiv rot gefärbten Böden über Schotter. Es gehört der schon beim Aufstieg gequerten Terrasse an. Von dort fällt das Gelände zum Flußbett ab.

6. Das Tal des Kali Gandaki nördlich der Durchbruchsschlucht

Gegenüber den bisher besprochenen Flüssen nimmt der Kali Gandaki eine Sonderstellung ein. Er entspringt weit nördlich des Himalayahauptkammes in einem großen Senkungsgebiet, das von mächtigen Ablagerungen jungtertiärer bis quartärer Lockersedimente bedeckt ist. Er durchbricht ferner den Hauptkamm des Gebirges in einer tiefen

Schlucht, die den Unterlauf des Flusses scharf von seinem Oberlauf trennt. Das Thakkholagebiet, das mit dem Gebiet von Mustang im wesentlichen das Einzugsgebiet des Kali Gandaki nördlich seiner Schlucht umfaßt, war Gegenstand einer Reihe geologischer Forschungsexpeditionen, die sich aber nahezu ausnahmslos mit den älteren Gesteinsserien und ihrer Tektonik befaßten. Das Neogen und Pleistozän sind in den diesbezüglichen Publikationen höchstens kurz gestreift. So scheidet GANSSER (1964) in seiner Stratigraphie des Thakkholagebietes zuoberst Kreide bis ? Eozän sowie darüber pleistozäne Mustangterrassen ohne weitere Differenzierung aus. TONI HAGEN (1968/69) ist es zu danken, daß wir über die mächtigen jungen Sedimente, die von der tibetischen Grenze nördlich Mustang bis nahe an die Kali-Gandaki-Schlucht reichen, relativ gut unterrichtet sind. Nach HAGEN ist die von diesen Sedimenten erfüllte Senke im Zusammenhang mit einer mesozoischen Transversalfalte entstanden, die weit vor die Zeit der Emporwölbung des Himalaya zurückreicht. HAGEN hat auch erkannt, daß im Raum dieser Senke ein großer, tektonisch bedingter See bestanden hat, dessen mitteltertiäre bis pleistozäne Sedimente er als Thakmarserie bezeichnete. Da jede neuere Untersuchung von den grundlegenden Feststellungen HAGENS ausgehen muß, ist es notwendig, diese auszugsweise wiederzugeben.

Nach HAGEN zeigen die tieferen Glieder der Thakmarserie tektonische Störungen in Form leichter Faltung. Darüber hinaus läßt der ganze Komplex eine deutliche Hebung gegen Süden und damit gegen den Nordfuß der Himalayahauptkette erkennen. Die kristallinen Gesteine des Himalayahauptkammes wurden nach HAGEN so rasch gehoben, daß der Kali Gandaki nicht Zeit fand, sein Bett im gleichen Maße in sie einzugraben, wodurch es zur Bildung des großen Thakkholasees kam. HAGEN weist im Zusammenhang damit darauf hin, daß solche Seen auch in den meisten anderen Quertälern nördlich des Gebirgshauptkammes nachgewiesen wurden, so im Manangtal, im Buri-Gandaki-Tal nördlich des Manaslu und der Ganeshgruppe, im Oberlauf des Trisuli im Becken von Kyirong Dzong und schließlich im Oberlauf des Arun. In keinem anderen Tal sind jedoch nach dem Urteil HAGENS auf Grund seiner umfassenden Kenntnis des nepalischen Himalaya die Spuren des einstigen Sees so klar erkennbar wie im Thakkholagebiet. Der Kali Gandaki senkt sein Bett von Chukgaon bis Dhumpu auf einer Strecke von 40 km nur um 600 Höhenmeter ab, zwischen Dhumpu und Dana hingegen innerhalb weniger Kilometer um 1000 m. Der steile Abfall des Flusses in die Schlucht beginnt genau dort, wo sein Bett in den Bereich der kristallinen Gesteine eintritt.

Über die Flußterrassen des oberen Kali-Gandaki-Tales macht HAGEN keine näheren Angaben. H. FRANZ hatte schon bei einem

früheren Besuch der südlichen Teile des Thakkholagebietes im Jahr 1971 Flußterrassen im Kali-Gandaki-Tal beobachtet und es erschien wichtig, diese mit den Terrassen der anderen, von uns untersuchten Flußtäler zu vergleichen. Dies zu tun, war eine der Aufgaben, die während der Feldarbeit des Jahres 1978 gelöst werden sollten. Eine weitere Aufgabe bestand darin, in diesem klimatisch trockenen Gebiet nach roten Böden zu suchen und überhaupt die Bodenbildungen auf den Terrassen zu studieren.

Mit dem planmäßig verkehrenden Flugzeug konnte von Pokhara aus Jomosom erreicht werden, von wo aus zunächst das Kali-Gandaki-Tal nordwärts bis Kagbeni begangen wurde. Von da aus erfolgte der Aufstieg in das Muktinathtal bis Jharkot, Muktinath und weiter bis unter den Thorongpaß. Der Aufstieg von Kagbeni gewährt, sobald man sich hoch genug über dem Talboden befindet, einen überwältigenden Rundblick über das Tal abwärts bis Jomosom und aufwärts bis weit gegen Mustang, aber auch in die Seitentäler, in die die jungen, hell gefärbten Lockersedimente zum Teil tief eingreifen. Die Hänge sind weithin von den hellen, überwiegend gelblichen und lößähnlichen Seesedimenten der Thakmarserie überkleidet, die gegen die Talböden mit steilen, stark zerfurchten Erosionshängen abfallen. Sie geben der Landschaft ein eigenes, an die Trockengebiete Innerasiens erinnerndes Gepräge. Am Rückweg aus dem Muktinathtal wurde der direkte Abstieg ins Kali-Gandaki-Tal zu dem südlich Kagbeni gelegenen Rasthaus gewählt und das Kali-Gandaki-Tal südwärts bis Larjung begangen, von wo die Möglichkeit des Rückfluges mit einem Helikopter gegeben war.

Die Begehungen ergaben, daß im Kali-Gandaki-Tal zwei Flußterrassen deutlich zu unterscheiden sind. Die jüngere Terrasse, die sich nur etwa 10 m über den breiten rezenten Talboden erhebt, wurde mit größter Wahrscheinlichkeit während der letzten Eiszeit aufgeschüttet und wird im folgenden als Niederterrasse bezeichnet. Auf ihr liegen mehrere Ortschaften des Kali-Gandaki-Tales, so Larjung, Tukche, Jomosom samt seinem Flughafen und Kagbeni, soweit es nicht auf den Schuttkegel des Muktinathtales hinaufreicht. Die Niederterrasse ist trotz der meist geringen Mächtigkeit der auf ihr lagernden Bodendecke weithin ackerbaulich genutzt und wird vor allem mit Buchweizen bebaut. Ihre steilen Erosionsränder werden vom Kali Gandaki an vielen Stellen auch heute noch angenagt und erst kürzlich ist in Jomosom ein auf ihr stehendes Gebäude des staatlichen Hotels infolge einer Absackung von Terrassenteilen gegen den Fluß eingestürzt.

Die zweite Terrasse erhebt sich hoch über die Niederterrasse. Der Höhenunterschied nimmt flußaufwärts zu, er beträgt im Mündungsbereich des Muktinathtales über 100 m. Sie ist auch noch im Tal von

Muktinath, das von der Jhong Khola entwässert wird, ein Stück weit verfolgbar und trägt dort einen seichten Halbwüstenboden, der von einer Steppenvegetation mit vorwiegend *Artemisia* bewachsen ist. Steigt man von Kagbeni ins Muktinathtal auf, so führt der Weg über zwei Einebnungsflächen, von denen die höhere nochmals etwa 50 m über der tieferen liegt. Leider sind am oberen Niveau keine Aufschlüsse vorhanden, so daß nicht festgestellt werden konnte, ob dieses einen Schotterkörper aufweist oder eine auf der hohen Terrasse aufliegende Grundmoräne darstellt, wie eine solche von HAGEN aus einem anderen Tal des Thakkholagebietes beschrieben wurde. Die Oberfläche dieses hohen Niveaus ist von kantigem Material bedeckt, das von den angrenzenden Hängen stammt. Steigt man aus dem Muktinathtal zum Rasthaus im Kali-Gandaki-Tal ab, so führt der Weg über den Erosionsrand des unteren Niveaus der hohen Terrasse talab und es ist hier der Schotterkörper weithin und in bedeutender Mächtigkeit aufgeschlossen. Die Schotter sind mehr oder weniger verfestigt und bilden stellenweise Erosionspyramiden. An ihrer Basis sind am Talboden mehrfach verfestigte gelbe Sande der Thakmarserie aufgeschlossen.

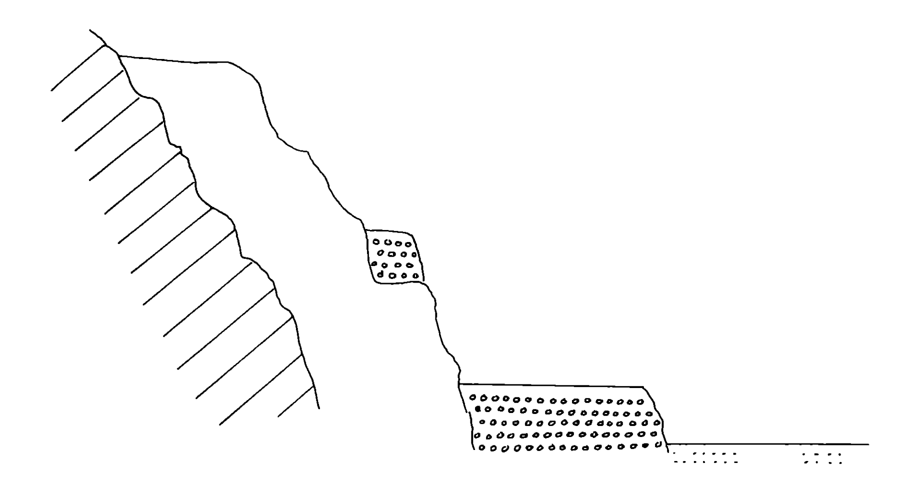
Die Seesedimente der Thakmaserie reichen im Muktinathtal bis über den Ort Jharkot empor, wo ein aus ihnen bestehender kegelförmiger Hügel den Ort überragend an 3800 m Seehöhe erreicht. Auch an den Steilhängen über der schluchtartig eingeschnittenen Jhong Khola ist die Thakmarserie weithin aufgeschlossen, wobei auffällt, daß an den oft fast senkrechten Wänden, erheblich über dem rezenten Talboden, große, offenbar vom Wasser ausgeschwemmte Höhlungen vorhanden sind. Dieses Phänomen ist auch an den rechtsuferigen Hängen des Kali-Gandaki-Tales zu sehen und muß durch Ausschwemmung entstanden sein, als das Flußbett noch höher lag. Die Gesamtmächtigkeit der Thakmarserie muß im Raum von Kagbeni (etwa 3000 m), wo sie vielfach bis zum Talboden herabreicht und unter die rezenten Flußsedimente untertaucht, 800 m Mächtigkeit überschreiten.

HAGEN hat aus östlichen Seitentälern des Kali Gandaki Moränen beschrieben, die während Rückzugsphasen der letzten Eiszeit gebildet wurden. Von Jomosom beschreibt er eine Endmoräne, die vorwiegend aus Devonkalk besteht. Es handelt sich offenbar um den hohen Wall, der südlich des Flughafens das Tal quert und vom Fluß durchschnitten wird. Auf der Exkursion war die Zeit zu kurz, um ihn zu untersuchen. Nördlich von diesem Wall steht über der Niederterrasse am rechtsuferigen Hang gelbliches Feinsediment an, das einen spärlichen Besatz mit gut gerundeten Plattelschottern aufweist. Die Feinsedimente schließen nach oben mit einer horizontalen Erosionskante ab, deren Höhenlage dem Niveau der hohen Terrasse entspricht. Es fanden sich aber an keiner anderen Stelle in den Sedimenten der hohen Terrasse so große Mengen

der Thakmarserie entstammender Feinsedimente wie hier. Möglicherweise ist dieses Feinmaterial unter dem Einfluß der Stauwirkung des Moränenwalles abgelagert worden.

Talabwärts von Jomosom tritt die Thakmarserie ein letztes Mal bei Marpha auf. Die an den Hängen am Ausgang des Ainorashatales aufgeschlossenen Profile beanspruchen besonderes Interesse. Sie zeigen deutlich, daß die Seesedimente dem anstehenden Fels diskordant aufgelagert sind und alle Hohlformen eines älteren erosionsbedingten Reliefs ausfüllen. Die Seesedimente fallen selbst steil und erosiv stark zerfurcht bis zur Oberfläche der Niederterrasse ab, unter die sie untertauchen. Am Hang sind ihnen an einer Stelle Schotter angelagert, deren Basis scharf horizontal begrenzt ist. Diese Schotter gehören zweifellos der hohen Terrasse an, ihre Untergrenze entspricht aber nicht der Basis dieser Terrasse, die an anderen Stellen unweit über der Oberfläche der Niederterrasse oder sogar unter dieser liegt. Die Schotter müssen hier den Seesedimenten im Zuge lateraler Erosion angelagert worden sein, als der Prozeß der Aufschüttung der hohen Terrasse bereits voll im Gange war. Das am Ausgang des Ainorashatales bei Marpha aufgeschlossene Profil ist in Abb. 2 schematisch wiedergegeben. Die Thakmarserie muß hier, da Marpha nur wenig unter 3000 m Seehöhe liegt, noch mindestens bis 3300 m emporreichen.

Unterhalb Marpha ist die hohe Schotterterrasse entgegen den Angaben HAGENS noch über Tukche und Larjung talabwärts in großer Ausdehnung vorhanden. Bei Larjung ist sie am Weg zum Ort Nawronkot, der über ihrer Oberkante auf einem flachen Schwemmkegel gelegen ist, gut erschlossen. Die Schotter sind hier großenteils schwächer zugerundet und stärker verfestigt als weiter talaufwärts, ihre Verfestigung scheint gegen Süden mit den Niederschlägen zuzunehmen. Die Oberfläche der hohen Terrasse liegt über Larjung immer noch bei 3000 m. Beim Flug mit dem Helikopter von Larjung nach Kathmandu war zu sehen, daß auch in den linksuferigen Seitentälern des Kali-Gandaki-Tales, die in das Anapurnamassiv einschneiden, so im Tal der Pangpu Khola und in dem der Tangdung Khola, Reste der hohen Schotterterrasse erhalten geblieben sind. In der Kali-Gandaki-Schlucht hat H. FRANZ im Jahr 1971 neben dem Weg von Dhumpu nach Ghasa wohlgerundete, zu Konglomerat verfestigte Schotter beobachtet. Nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Frau Dr. FORT MONIQUE, die seit mehreren Jahren als Geographin in Zentralnepal arbeitet, sind in der Kali-Gandaki-Schlucht sogar zwei verschiedene Niveaus verfestigter Schotter vorhanden. Dies würde für das Vorhandensein zweier älterer Terrassen im oberen Kali-Gandaki-Tal sprechen; diese Frage zu entscheiden, reichen die auf den Begehungen im Raum zwischen Muktinath und Larjung gemachten Beobachtungen jedoch noch nicht aus.



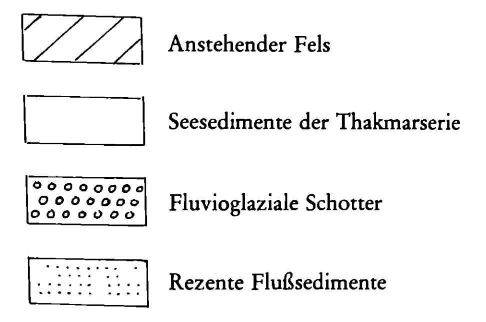


Abb. 2: Profil am rechten Ufer des Kali-Gandaki-Tales bei Marpha.

Die mehr oder weniger weitgehende Verfestigung, der teilweise geringe Zurundungsgrad der Schotter und die stratigraphische Position legen einen Vergleich der Schotter der hohen Kali-Gandaki-Terrasse mit dem Gaundakonglomerat nahe. Man muß aber bedenken, daß die Entstehungsbedingungen beider Sedimente doch recht verschieden waren. Das Gaundakonglomerat entstand in einem jungen Einbruchs-

becken mit kleinem Einzugsgebiet. Es ist wahrscheinlich keine fluvioglaziale, sondern eine tektonisch bedingte Bildung. Im Gegensatz dazu ist die hohe Schotterterrasse im oberen Kali-Gandaki-Tal das Ergebnis einer klimabedingten Akkumulation. Die zu Konglomerat verfestigten Schotter in der Durchbruchsschlucht liegen wesentlich tiefer als der Talboden unmittelbar über der Schlucht, so daß der Hauptkamm des Himalaya zur Zeit der Schotterablagerung kein tektonisches Hindernis mehr für deren Abtransport bildete. Die hohen Schotter reichen überdies im oberen Talabschnitt bis nahe an die Schlucht heran und in die Seitentäler hinein. Da nicht feststeht, ob die tektonischen Vorgänge, die zur Ablagerung des Gaundakonglomerates geführt haben, der fluvioglazialen Akkumulationsphase der vorletzten Eiszeit völlig synchron verlaufen sind, ist selbst eine zeitliche Parallelisierung nur mit einem gewissen Vorbehalt möglich. Es besteht deshalb keinerlei kausale Begründung dafür, das Gaundakonglomerat mit den hohen Schottern des Kali-Gandaki-Tales zu parallelisieren.

Leider fehlen zur Zeit noch Informationen darüber, ob im unteren Teil des Kali-Gandaki-Tales von der Schlucht abwärts fluvioglaziale Terrassen vorhanden sind oder nicht. Hier klafft noch eine Untersuchungslücke, deren Schließung mit Rücksicht auf den Mangel an Straßen in diesem Gebiete nur mit beträchtlichem Zeitaufwand bewerkstelligt werden kann.

Trotz dieser Lücke lassen sich für den oberen Talabschnitt doch schon jetzt einige wichtige Feststellungen treffen.

Die Ablagerung der Seesedimente der Thakmarserie erfolgte, wie schon HAGEN klar gezeigt hat, zu einem Zeitpunkt, zu dem die Entwässerung der großen Senke des Thakkholagebietes gegen Süden durch die Hebung des Himalayahauptkammes weitgehend blockiert war. Nach Beendigung dieser Akkumulationsphase setzte eine Periode der Ausräumung ein, die offenbar lange gedauert hat und sehr wirksam war. Während dieser Zeit wurden die Seesedimente in der Talfurche des Kali Gandaki bis unter das Niveau der Niederterrasse ausgeräumt, was zur Voraussetzung hat, daß damals bereits ein Durchbruch des Tales nach Süden bestand, wenn er auch noch nicht die heutige Tiefe erreicht hatte. Die in der Schlucht abgelagerten Konglomerate, die wir einer oder zwei alten fluvioglazialen Terrassen zuordnen müssen, bezeugen, daß damals die Schlucht bereits bis zu einer beachtlichen Tiefe eingeschnitten war und daß sie stellenweise eine Breite besaß, die die Ablagerung von Sedimenten gestattete. Die große Höhendifferenz zwischen dem Niveau der hohen Schotter und der Niederterrasse bezeugt, daß in dem Zeitraum zwischen der Ablagerung beider die Erosionsbasis weiter stark abgesenkt worden ist.

Schon HAGEN hat die Ansicht vertreten, daß ein beträchtlicher Teil der Thakmarserie im Pleistozän abgelagert wurde; wann im Pleistozän die Verlandung des Sees abgeschlossen war, ist zur Zeit nicht bekannt. Ein hohes Schotterniveau ist mit großer Wahrscheinlichkeit der Rißeiszeit zuzuordnen, aber ob es im oberen Kali-Gandaki-Tal noch ältere fluvioglaziale Schotter gibt, ist, wie schon dargelegt, zur Zeit noch offen. Durch die Beantwortung dieser Frage wird ein jüngster möglicher Termin für die Beendigung der limnischen Sedimentation festlegbar sein, wobei man der Erosionsphase vor der Ablagerung der ältesten fluvioglazialen Schotter eine beträchtliche Zeitspanne einräumen muß.

Im Zusammenhang mit chronologischen Erwägungen kommt der Frage eine gewisse Bedeutung zu, ob es im Thakkholagebiet rote Böden gegeben hat oder ob solche dort wegen des zu kontinentalen Klimas niemals gebildet werden konnten. Der heutige Aspekt der Landschaft mit ihren fahlen Farben verleitet dazu, das letztere anzunehmen. Es ist in der Tat nicht vorstellbar, daß sich die fahlen Sedimente der Thakmarserie in enger Nachbarschaft und gleichzeitig mit roten Böden gebildet haben könnten. Man findet deshalb auch im Bereich des seinerzeitigen Sees keinerlei Spuren roter Böden. Dagegen sind solche in großer Höhe oberhalb des seinerzeitigen Seespiegels in Spalten der festen Gesteine, offenbar vor allem der Kalke, vorhanden. Sowohl in Larjung als auch in Jomosom gibt es Häuser, die mit roter Farbe bestrichen sind oder bei denen doch wenigstens die Umrahmungen der Fenster und Türen einen roten Anstrich aufweisen. Da im nepalischen Mittelland die Häuser vielfach rot angestrichen werden und die rote Farbe dort regelmäßig aus rotem Bodenmaterial besteht, lag die Frage nahe, ob auch die Häuser im Thakkholagebiet mit roter Bodenfarbe bestrichen würden und ob dieses Bodenmaterial aus dem nepalischen Mittelland käme. Die Antwort, die darauf Herr KRISHNA THAKALI, ein in Jomosom ansässiger vielseitig interessierter junger Mann, gab, war überraschend und unerwartet. Sie lautete, daß man das rote Bodenmaterial bei Jomosom finde, allerdings nur in großer Höhe in den Spalten des Gesteins. Es handelt sich dabei offenbar um sehr alte Bodenreste, die in Gesteinsspalten der Erosion entgangen sind und deren Alter vor die Ablagerung der Thakmarserie zurückreicht. Sie sind demnach älter als neogen und damit so alt oder älter als die Reste roter Böden, die sich auf den Plateaus der österreichischen Kalkalpen erhalten haben. Sie sind damit wesentlich älter als die roten Böden der Altlandschaft des nepalischen Mittellandes und ganz besonders derjenigen, die sich auf den ältesten fluvioglazialen Schottern finden. Es steht somit fest, daß sich im Thakkholagebiet im Pleistozän keine roten Böden gebildet haben und jedenfalls auch aus klimatischen Gründen nicht bilden konnten.

Zusammenfassung

Während der von H. FRANZ und H. MÜLLER im Jahr 1977 sowie von H. FRANZ im Jahr 1978 in Zentralnepal durchgeführten Feldbeobachtungen konnten zur Stratigraphie und Chronologie der quartären Sedimente und Böden neue Tatbestände festgestellt und daraus neue Schlußfolgerungen abgeleitet werden. Die mineralogische, pollenanalytische und altersmäßige (C^{14}) Untersuchung der zahlreichen eingesammelten Sediment- und Bodenproben ist noch im Gange, über ihre Ergebnisse wird später berichtet werden. Auf Grund der Feldbefunde stehen die folgenden Ergebnisse fest:

1. Im Kathmandubecken ist eine alte, von rotem Boden bedeckte Schotterterrasse vorhanden, die bisher unbekannt war. Diese findet sich allerdings nur am Südrand des Beckens, dort aber in weiter Verbreitung. Zwischen ihrer Ablagerung und der Ablagerung der jüngeren Seeterrassen muß eine Periode intensiver Erosion gelegen haben, welcher der größte Teil der alten Terrasse zum Opfer gefallen ist. In der Folge muß es zu einer beträchtlichen Absenkung des Beckens und zur Auffüllung mit jungen Seesedimenten gekommen sein. Pollenanalytische Untersuchungen und die Datierung fossilen Holzes aus den obersten Gliedern der jungen limnischen Sedimentserie ergaben für diese ein Alter, welches etwa dem Ende der letzten Eiszeit entspricht (Holzfund 26.700 Jahre ±800, bezogen auf das Jahr 1950).
2. Im Becken von Pokhara konnten nur zwei Terrassen nachgewiesen werden: die Terrasse, deren Schotterkörper zum Gaundakonglomerat verfestigt wurde, und die Terrasse der Pokharaschotter. Das Gaundakonglomerat besitzt eine weitere Verbreitung als bisher bekannt war. Es reicht bis zum Phewasee (Pokharasee) und vielleicht von Pokharaschottern überlagert auch weiter südlich bis an den Rand des Pokharabeckens. Die Ablagerung der Schotter des Gaundakonglomerates schloß mit der Sedimentation von Sanden und feinem Schlick ab, die später verfestigt wurden und durch Verwitterung einen gelben Boden lieferten. Die Feinsedimentdecke wurde später samt dem daraus gebildeten Boden größtenteils abgetragen und es bildete sich auf dem freigelegten Konglomerat ein Karstrelief. Die tiefe Schlucht, welche die Seti Khola im Mittelteil des Pokharabeckens in das Gaundakonglomerat einschnitt, bildete sich nach der Ablagerung der Pokharaschotter. Die petrographische Zusammensetzung des Gaundakonglomerates und der Pokharaschotter ist auffällig verschieden; während das erstere nur aus schwach zugerundeten Geröllen der paläozoischen Pokharaserie besteht, enthält das letztere reichlich kristalline Gerölle aus dem Anapurnamassiv. Das läßt den Schluß zu, daß das Einzugsgebiet der Seti Khola zur Zeit der Ablagerung des Gaundakonglomerates auf den Bereich der Pokharaserie beschränkt war, sich aber schon vor der Ablagerung der Pokharaschotter auf das Anapurnagebiet ausgeweitet hat, wo sie heute entspringt. Das bedeutet aber, daß die Seti Khola zur Zeit der Ablagerung des Gaundakonglomerates noch keinen Zufluß aus dem vergletscherten Gebiet besaß und daher, wie alle im Mittelland Nepals entspringenden Flüsse, keine fluvioglaziale Terrasse bilden konnte. Wenn es dennoch zur Ablagerung mächtiger Schottermassen kam, so muß das tektonische und nicht klimatische Ursachen haben, wie sie durch die Absenkung des Pokharabeckens tatsächlich gegeben waren. Vor der Ablagerung des Gaundakonglomerates wird das Einzugsgebiet der Seti Khola nicht größer, sondern eher noch kleiner gewesen sein. Zur Bildung einer fluvioglazialen Terrasse mit roter Bodendecke bestanden deshalb im Pokharabecken nicht die notwendigen Voraussetzungen. Tatsächlich ist im Bereich des Pokharabeckens nirgends eine von rotem Boden bedeckte Schotterterrasse vorhanden, die roten Böden bedecken nur die Hänge der Altlandschaft und tauchen mit deren Gesteinen unter die jüngere Beckenfüllung unter.
3. An der Marsyandi Khola fand sich nördlich von Bimal Nagar eine ausgedehnte alte, von rotem Boden bedeckte Schotterterrasse. Auf einem tieferen Niveau steht an einer Stelle ein Konglomerat mit verkarsteter Oberfläche an, das dem Gaundakonglomerat sehr ähnlich sieht. Ob auf ihm Reste eines autochthonen alten Bodens erhalten sind und ob

unter diesem Terrassenniveau ein jüngeres, den Pokharaschottern entsprechendes vorhanden ist, müssen zukünftige Untersuchungen klären.

4. Die alte, von rotem Boden bedeckte Terrasse am Trisuli Gandaki war oberhalb der Engstelle des Trisulitales bei Trisuli Basar ursprünglich von einer mehrere Meter mächtigen lakustrischen Schichtfolge feiner Sedimente bedeckt. Diese wurde flußabwärts in zunehmendem Maße abgetragen, bevor es zur Bildung eines roten Bodens kam. Daraus ergibt sich, daß die Bildung des roten Bodens nicht unmittelbar der Akkumulation der Schotter folgte, sondern daß der Bodenbildung eine Erosionsphase vorausging. Die rote Bodendecke wurde offenbar in einem relativ langen Zeitraum gebildet, währenddessen weder Akkulumations- noch Erosionsprozesse in größerem Umfang stattfanden.

   Die Tadi Khola, die unterhalb Trisuli Basar in den Trisuli Gandaki einmündet, besitzt keine Schotterterrassen, sie entspringt im nepalischen Mittelland. Die Pipaltarterrasse, die der von Seesedimenten bedeckten Terrasse oberhalb von Trisuli Basar entspricht, wurde vom Trisuli Gandaki gebildet. Es gibt im Raum von Trisuli Basar nur eine von rotem Boden bedeckte Terrasse, unter der eine von rötlichbraunem Boden bedeckte Mittelterrasse und nur AC-Böden tragende junge Terrassenstufen folgen. Unterhalb der Pipaltarterrasse konnten im nord-süd-verlaufenden Trisulital vom Flugzeug aus keine Reste von rotem Boden bedeckter Terrassen gesichtet werden, solche treten in größerem Umfang erst wieder bei der Einmündung der Maresh Khola auf, wo sich der Fluß nach Westen wendet. Etwas westlich von Charaudi ist rechtsuferig ein letztes Mal eine alte, von rotem Boden bedeckte Terrasse vorhanden, dann verengt sich das Tal und es sind nur noch in Talausweitungen junge Sandterrassen beobachtbar. Bei Chaunithar treten besonders ausgeprägt drei solcher Sandterrassen auf, bevor sich das Trisulital schluchtartig verengt. Hier hat offensichtlich stufenweise ein Durchbruch des Trisuli nach Westen stattgefunden, wobei sich mit zunehmender Eintiefung durch den Stau vor der Schlucht auf immer tieferem Niveau Sandterrassen bildeten. Da alle drei Terrassen relativ wenig entwickelte Böden tragen, muß der Durchbruch des Trisuli Gandaki an dieser Stelle in sehr junger Vergangenheit erfolgt sein. Ebenso trägt das Durchbruchstal des Trisuli Gandaki nach seiner Vereinigung mit der Marsyandi Khola nach Süden durch den Maharabath Lekh den Charakter eines sehr jugendlichen Schluchttales.

5. Am Sun Kosi ist eine, am Indrawati Khola allenfalls noch eine zweite von rotem Boden bedeckte Terrasse vorhanden, jüngere Terrassen sind hier nicht ausgebildet.

6. Eine Sonderstellung innerhalb der untersuchten Flüsse nimmt der Kali Gandaki ein, der in einer großen Beckenlandschaft im trockenen Hochland nördlich des Himalayahauptkammes entspringt und dessen Oberlauf vom Unterlauf durch eine tiefe Durchbruchsschlucht getrennt ist. In seinem Obertal sind oberhalb der Schlucht zwei fluviatile Terrassen deutlich entwickelt, die offenbar der letzten Eiszeit entsprechende Niederterrasse und eine hoch über dieser gelegene hohe Terrasse, deren Schotter bereits mehr oder weniger verfestigt sind. Möglicherweise besteht eine Zweigliederung dieser hohen Terrasse, eine solche konnte aber nirgends sicher nachgewiesen werden. Über die hohe Terrasse ragt eine, aus vorwiegend gelblich gefärbten Feinsedimenten bestehende Seeterrasse auf, die erstmalig von HAGEN beschrieben wurde. Die Mächtigkeit der Seesedimente, die HAGEN unter dem Begriff Thakmarserie zusammenfaßte, beträgt bei Kagbeni mindestens 800 m, sie ist flußabwärts bis Marpha verfolgbar und außerordentlich stark erodiert. Sie bezeugt die Existenz eines großen jungtertiären bis pleistozänen Sees, dessen Abfluß hoch über der derzeitigen Kali-Gandaki-Schlucht zwischen dem Daulagiri- und Anapurnamassiv nach Süden führte, zu einem Zeitpunkt als der Himalayahauptkamm noch nicht annähernd seine heutige Höhe erreicht hatte. Die Seesedimente wurden vor Ablagerung der Schotter der hohen Terrasse bis unter die Oberkante der Niederterrasse ausgeräumt, was nicht nur eine Periode langer und gewaltiger Erosion, sondern auch eine solche tektonischer Vorgänge größten Maßstabes

für diesen Zeitabschnitt bezeugt. Ist nur eine Terrasse mit hohem Niveau vorhanden, so ist deren Alter mit großer Wahrscheinlichkeit der Rißeiszeit zuzuordnen, das heißt, die große Erosionsperiode ist spätestens im Mindel-Riß-Interglazial anzusetzen. Überlegt man, daß die von roten Böden bedeckten alten Schotterterrassen des nepalischen Mittellandes wahrscheinlich in der Mindeleiszeit entstanden und im Mindel-Riß-Interglazial ausgeräumt wurden, dann wäre auch südlich des Himalayahauptkammes die große Erosionsphase mit den sie bedingenden tektonischen Vorgängen in das Mindel-Riß-Interglazial zu verlegen. Im gleichen Zeitpunkt fand wahrscheinlich der Einbruch oder wenigstens eine entscheidende Phase desselben im Pokhara- und Kathmandubecken statt, woraus sich das Bild eines sehr jungen großräumigen tektonischen Geschehens und einer dadurch ausgelösten Erosionsphase im zentralen Himalaya ableitet. Im Zuge dieses Geschehens muß das gesamte Entwässerungsnetz des Gebirges tiefgreifende Veränderungen erfahren haben.

7. Vor dieser Periode, zur Zeit der Entstehung der Altlandschaft des nepalischen Mittellandes, muß eine Periode relativer tektonischer Ruhe geherrscht haben. In ihr entstand eine mächtige, ausgereifte Bodendecke und bildeten sich breite Talböden mit einem ausgeglichenen Gefälle. Diese Periode ging noch vor dem Beginn der Bildung der fluvioglazialen Terrassen zu Ende.
8. Im nepalischen Mittelland ist weithin eine Abfolge von drei fluvioglazialen Terrassenniveaus feststellbar, wenngleich aus zum Teil noch nicht geklärten Gründen an einzelnen Flüssen, so zum Beispiel am Sun Kosi, einzelne Glieder dieser Folge fehlen. Der Altersfolge der Terrassen entspricht eine solche der auf ihnen entwickelten Böden. Roten Böden auf den ältesten Terrassen folgen braune auf den mittleren und wenig entwickelte AC-Böden auf den untersten Terrassenniveaus. Diese Bodenfolge bezeugt, unabhängig vom Wechsel wärmerer und kälterer Klimaperioden, eine generelle Tendenz zu fortschreitender Abkühlung, die auch in der Abnahme der Verwitterungsintensität der Gesteine zum Ausdruck kommt.

Literatur

ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR VERGLEICHENDE HOCHGEBIRGSFORSCHUNG, MÜNCHEN (1977): Kathmandu Valley Maps 1: 10.000 and 1 : 50.000, München, Geo-Buchverlag, 35 S., 8 Bildtafeln.

BOESCH, H. (1968): Das Kathmandu Valley. Beiträge zur Morphologie von Nepal. Geographica Helvetica 23, 172–179.

BOESCH, H. (1974): Untersuchungen zur Morphogenese im Kathmandu-Valley. Geogr. Helvet. 29, Nr. 1, 15–26.

DOLLFUS, O. u. USSELMAN, P. (1971): Recherches géomorphologiques dans le centre-ouest du Népal. CNRS, Paris.

FRANZ, H. (1976): Beitrag zur Kenntnis der Bodenlandschaften Nepals. Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math. nat. Kl. Abt. I, 185, 23–29.

FRANZ, H. u. KRAL, F. (1975): Pollenanalyse und Radiokarbondatierung einiger Proben aus dem Kathmandubecken und aus dem Raum von Jumla in Westnepal. Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math. nat. Kl. Abt. I, 184, 7–17.

GANSSER, A. (1964): Geology of the Himalayas. 269 S. u. Tafelbeil. Interscience Publ., London–New York–Sydney.
HAGEN, T. (1959): Geologie des Thakkhola. Festschr. f. R. Staub, Eclog. Geol. Helvet. 52.
HAGEN, T. (1964–69): Report on the geological survey of Nepal. Bd. 1, Preliminary Reconnaissance. Denkschr. Schweiz. Natf. Ges. 56/1, 159 S. u. Tafelbeil. Bd. 2, Geology of the Thakkhola. Ibid. 56/2, 159 S. u. Tafelbeil.
HORMANN, K. (1974): Die Terrassen an der Seti Khola. Ein Beitrag zur quartären Morphogenese in Zentralnepal. Erdkunde 28/3, 161–176.
HUBSCHMAN, J., u. THOURET, J. C. (1977): Premières observations sur le quaternaire de quelques bassins du Népal central. (Hektographiert vervielfältigtes Manuskript.)
HUBSCHMAN, J., u. THOURET, J. C. (1977): Les étages des sols en Ankhu Khola (centre-ouest Népal). (Hektographiert vervielfältigtes Manuskript.)
LOMBARD, A. (1959): Un itinéraire géologique dans l'est du Népal. Denkschr. Naturf. Ges., 77/1.
MÜLLER, H. (1976): Mineralogische und chemische Untersuchungen von Rotlehmen aus Nepal. Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math. nat. Kl. Abt. I, 185, 43–53.
OHTA YOSHIDE, AKIBE CHIKARA, ARITA KAZUNORI u. MARUD YUJI (1973): Pokhara-Gurkha-Region. In: OHTA YOSHIDE (ed.), Geology of the Nepal Himalayas. Sapporo, 286 S., 6 Karten.
SHARMA, CH. K. (1974): Ground Water Resources of Nepal. Kathmandu, Verlag Mani Ram Sharma, 140 S., 1 Karte.